CNE

LES FORMATIONS SUPÉRIEURES EN MATHÉMATIQUES ORIENTÉES VERS LES APPLICATIONS

RAPPORT D'ÉVALUATION

AVERTISSEMENT

Ce rapport est publié en deux parties.

La première partie est publiée sous la présente version papier et contient :

- une présentation de l'évaluation réalisée : son organisation, son champ, son déroulement, un essai de définition des mathématiques appliquées, la description des critères retenus pour l'évaluation ;

- une synthèse transversale des évaluations, filière par filière, (MIM-MASS-IUP-DESS-DEA) avec des conclusions générales et des recommandations relatives à la filière ;

- une étude observant la place des mathématiques dans les écoles d'ingénieurs, dans quelques autres grandes écoles et instituts universitaires ;

- une étude concernant les débouchés offerts aux diplômés mathématiciens dans les secteurs industriels et de services.

La deuxième partie est disponible sous forme d'un CD-ROM joint à cette version et contient :

- l'ensemble des rapports d'évaluation des "formations supérieures en mathématiques pour les applications" dans chacune des universités françaises concernées ;

- la méthodologie d'évaluation retenue et, en particulier, les grilles d'analyse utilisées pour évaluer les diplômes ;

- la présentation commentée de la structure choisie pour élaborer chaque rapport d'évaluation ;

- quelques tableaux de comparaison : statistiques sur 4 années en MASS, IUP, DEA.

ORGANISATION DE L'ÉVALUATION

Cette évaluation a été placée sous la responsabilité de Philippe **Bénilan** et Claude **Froehly,** membres du Comité national d'évaluation, et réalisée avec la collaboration de Gilles **Bertrand,** président du CNE, et de Jean-Loup **Jolivet**, délégué général.

Décédé le 17 février 2001, Philippe **Bénilan** n'a hélas pas pu participer à la phase finale de ce projet dont il avait eu l'initiative et qu'il a conduit à son lancement avec passion.

Guy **Cirier**, chargé de mission au CNE, a assuré la coordination des travaux.

Un groupe de pilotage a été constitué des personnes suivantes :

Alain **Bamberger**, directeur de l'informatique de l'Institut français du pétrole (jusqu'en mai 1999)
Philippe **Bénilan**, professeur à l'Université de Franche-Comté, membre du CNE
Guy **Cirier,** chargé de mission au CNE
Christiane **Cocozza-Thivent**, professeure à l'Université de Marne-la-Vallée
Pierre **Fabrie**, professeur à l'Université Bordeaux I
Claude **Froehly**, directeur de recherche au CNRS, membre du CNE
Dominique **Nicolle**, chargée de mission au CNE.

S'y sont joints en février 2001

Michel **Pierre**, professeur à l'École normale supérieure de Cachan (Antenne de Bretagne)
Monique **Pontier**, professeure à l'Université Paul Sabatier - Toulouse III.

Ont également participé à l'évaluation :

En tant que personnalités consultées ou auditionnées

Rémi **Barré**, directeur de l'Observatoire des sciences et techniques (OST)
Nathalie **Battesti**, secrétaire de la Commission des titres d'ingénieur
Louis **Castex**, président de la Commission des titres d'ingénieur
Henri **Caussinus**, ancien président de l'Association des statisticiens universitaires (ASU)
Amy **Dahan-Delmedico**, historienne des mathématiques
Max **Dauchet**, ancien vice-président de l'Association française des sciences et technologies de l'information
Jean **Giraud**, ancien directeur scientifique pour les mathématiques à la Direction de la recherche
Bernard **Helffer**, conseiller adjoint pour les mathématiques à la Direction de la recherche
Jean-Luc **Joly**, ancien directeur scientifique pour les mathématiques à la Direction de la recherche
Christian **Martin**, chef du Bureau des écoles d'ingénieurs
Guy **Mazaré**, directeur de l'ENSIMAG
Jean-Claude **Nédelec**, ancien président de la Société de mathématiques appliquées et industrielles (SMAI)
Etienne **Pardoux**, ancien directeur scientifique pour les mathématiques à la Direction de la recherche
Claude **Puech**, ancien conseiller pour les mathématiques et l'informatique à la Direction de la recherche
Jean-Louis **Soler**, directeur des études de l'ENSIMAG
Marie-France **Vigneras**, membre du Comité national d'évaluation de la recherche
Michel **Zitt**, membre de l'Observatoire des sciences et techniques (OST)

En tant qu'experts

Dominique **Bakry**, professeur à l'Université Paul Sabatier - Toulouse III
Claude **Basdevant**, professeur à l'École normale supérieure de Paris
Pierre-Henri **Bernard**, professeur à l'Université Clermont-Ferrand II
Philippe **Besse**, professeur à l'Université Paul Sabatier - Toulouse III
Mireille **Chaleyat-Maurel**, professeure à l'Université Paris V
Francis **Conrad**, professeur à l'Université Nancy I
Georges-Henri **Cottet**, professeur à l'Université Grenoble I
Nicole **Elkaroui**, professeure à l'École polytechnique
Jean **Fonlupt**, professeur à l'Université Paris VI
Thierry **Gallouët**, professeur à l'Université Aix-Marseille I
Bernard **Hanouzet**, professeur à l'Université Bordeaux I
Jean **Jacod**, professeur à l'Université Paris VI
Otared **Kavian**, professeur à l'Université de Versailles - Saint-Quentin
Jean **Lacroix**, professeur à l'Université Paris VI
Damien **Lamberton**, professeur à l'Université de Marne-la-Vallée
Michel **Langlais**, professeur à l'Université Bordeaux I
Alain **Le Breton**, professeur à l'Université Grenoble I
Dominique **Lépingle**, professeur à l'Université d'Orléans
Jean-François **Maître**, professeur à l'École centrale de Lyon
Sylvie **Mas-Gallic**, professeure à l'École polytechnique
Alain **Mignot**, professeur à l'Université Rennes I
Mohand **Moussaoui**, professeur à l'École centrale de Lyon
Benoît **Perthame**, professeur à l'Université d'Orléans
Dominique **Picard**, professeure à l'Université Paris VII
Michel **Pierre**, professeur à l'École normale supérieure de Cachan (Antenne de Bretagne)
Bernard **Prum**, professeur à l'Université d'Évry - Val d'Essonne
Jean-Pierre **Raoult**, professeur à l'Université de Marne-la-Vallée
Bernard **Roynette**, professeur à l'Université Nancy I
Michel **Weil**, professeur à l'Université de Franche-Comté
Jean-Pierre **Yvon**, professeur à l'INSA de Rennes

Ont été consultés :

En tant que représentants des sociétés savantes

Nicole **Berline**, vice-présidente de la Société mathématique de France (SMF)
Guy **Chassé**, membre du conseil d'administration de la SMF
Patrick **Le Tallec**, ancien président (1999-2001) de la Société de mathématiques appliquées et industrielles (SMAI), professeur et directeur d'études à l'École polytechnique
Mireille **Martin-Deschamps**, ancienne présidente (1999-2001) de la SMF, professeure à l'Université de Versailles – Saint-Quentin
Gilbert **Saporta**, président de la Société française de statistique (SFdS), professeur au CNAM
Michel **Théra**, président de la SMAI
Michel **Waldschmidt**, président de la SMF

Ont été auditionnés pour l'étude complémentaire sur les débouchés :

En tant que responsables de DEA ou DESS

Thierry **Berger**, responsable du DEA Cryptographie, Codage, Calcul à l'Université de Limoges
Dominique **Dehay**, responsable du DESS Statistiques pour l'entreprise à l'Université Rennes II

Gilles **Ducharme**, responsable du DEA Biostatistique à l'Université Montpellier II
Edwige **Godlewski,** responsable du DESS Mathématiques appliquées à l'Université Paris VI
Christian **Lecot**, ancien responsable du DESS Ingénierie mathématique à l'Université de Savoie
Abdelkader **Mokkadem**, responsable du DESS Ingénierie statistique à l'Université de Versailles – Saint-Quentin
Daniel **Serant**, responsable du DESS Sciences actuarielles et financières à l'Université Lyon I

En tant que cadres supérieurs d'entreprise

Dominique **Bidault**, directrice du recrutement des cadres à la SNCF
Stéphane **Calcei**, responsable du recrutement et des relations avec les écoles à BNP-Paribas
Francisca **Campos**, responsable des relations humaines à Médiamétrie
Jean-Pierre **Carrou**, responsable de la division "mathématiques spatiales" du CNES (aérospatiale)
Alain **Charmant**, responsable d'une équipe scientifique de gestion du risque client au Crédit Lyonnais
Corinne **Cohen**, responsable du département d'optimisation de Bouygues Télécom (téléphonie portable)
Jean **Deregnaucourt**, directeur recherche - développement, laboratoire Fabre (pharmacie et produits de beauté)
Jean-François **Didier**, ingénieur chef de projet à la SSII Solic (conseil-ingénierie)
Antoine **Frachot**, responsable de la cellule "recherche opérationnelle" au Crédit Lyonnais
Sandra **Ifrah**, responsable du recrutement des cadres d'Axa (assurances)
Jean-Claude **Lehmann**, directeur de recherche de Saint-Gobain
Claude **Lepape**, directeur recherche - développement chez Bouygues Télécom (téléphonie portable)
Céline **Lépine**, responsable communication et recrutement à la SSII Solic (conseil-ingénierie)
Jean-Louis **Ligier**, directeur du service "mécanique des solides et thermique" de Renault
David **Novachi**, responsable d'une équipe marketing au Crédit Lyonnais (création, exploitation de bases)
Josiane **Roc-Schneider**, directeur des ressources humaines chez Servier (laboratoire pharmaceutique)
Dominique **Schweizer**, responsable de la formation chez Axa (assurances)
Philippe **Tassi**, directeur scientifique de Médiamétrie (sondage), ancien directeur de l'ENSAE
Rémi **Urbain**, attaché au directeur de recherche-développement du groupe Fabre

Le CD-ROM qui accompagne ce rapport a été réalisé par la société Ligne Bleue Cyber

Y ont également apporté une contribution :

Jean François **Colonna**, chercheur à l'École polytechnique, pour l'image de l'attracteur de Lorenz
Sandrine **Dalverny**, assistante de documentation au CNE
Jean-Christophe **Martin**, responsable informatique au CNE

Ont participé à l'élaboration de ce rapport au titre du secrétariat général du CNE :

Ibrahima **N'Diaye**, statisticien stagiaire
Laurence **Hortet,** secrétaire contractuelle
Delphine **Lecointre**, secrétaire PAO
Isabelle **Nolleau**, secrétaire
Sophie **Tanvez**, secrétaire

Le Comité remercie les experts et les personnalités qui lui ont apporté leur concours. Il rappelle que ce rapport relève de sa seule responsabilité.

CNE

LES FORMATIONS SUPÉRIEURES EN MATHÉMATIQUES ORIENTÉES VERS LES APPLICATIONS

PARTIE 1 (VERSION PAPIER)

L'évaluation des filières universitaires, suivie de deux études complémentaires

TABLE DES MATIÈRES

L'évaluation : objectifs, champ, réalisation, critères 11

I Les objectifs de l'évaluation 13
II Le champ de l'évaluation 14
III Le déroulement de l'évaluation 15
IV Qu'appelle-t-on mathématiques appliquées ? 17
V Les formations observées et les critères retenus 22

Synthèse des évaluations par filière 25

I Les filières de mathématiques : organigramme et textes officiels 27
II Les cartes universitaires des filières 31
III Les maîtrises de Mathématiques, mention Ingénierie mathématique (MIM) 34
IV Les filières de Mathématiques appliquées et Sciences sociales (MASS) 37
V Les Instituts universitaires professionnalisés (IUP) 39
VI Les diplômes d'études supérieures spécialisées (DESS) 41
VII Les diplômes d'études approfondies (DEA) 44

Étude complémentaire 1 : Les mathématiques dans les écoles d'ingénieurs, quelques autres grandes écoles et instituts universitaires 47

Étude complémentaire 2 : Les débouchés pour les diplômés en mathématiques 69

Conclusion de l'évaluation des filières universitaires 107

Contributions et points de vue 119

Réponse du président de la Commission des titres d'ingénieur (CTI) 123
Compte rendu de réunion entre la Société mathématique de France (SMF) et le CNE 125
Commentaire de la Société de mathématiques appliquées et industrielles (SMAI) 127

Lexique de quelques termes mathématiques 131

Liste des sigles 135

PARTIE 2 (CD-ROM)

Les évaluations des formations dans cinquante-deux universités

Mode de présentation des résultats

I Les tableaux numériques
II Le corps du rapport

Guide de lecture des grilles d'analyse

Mode d'emploi du CD-ROM

Les résultats par université

Quelques tableaux de comparaison

L'ÉVALUATION : OBJECTIFS, CHAMP, RÉALISATION, CRITÈRES

I - LES OBJECTIFS DE L'ÉVALUATION

À l'occasion des manifestations organisées dans le cadre "An 2000, année des mathématiques", le Comité national d'évaluation a décidé d'évaluer les formations supérieures en mathématiques orientées vers les applications.

1 - UN CONTEXTE DYNAMIQUE

De nombreuses applications des mathématiques dans l'industrie et les services. Si les mathématiques ont toujours eu des domaines d'application privilégiés comme la mécanique, la physique, la chimie, on a pu constater ces dernières années une véritable "explosion" des applications des mathématiques. Le développement spectaculaire de l'informatique et des moyens de calculs est, bien sûr, pour une grande part à l'origine de ce phénomène. Il a tout naturellement induit un accroissement considérable du recours aux modèles mathématiques et à la simulation numérique dans les domaines rappelés ci-après. Mais, il est sans doute plus nouveau qu'il se soit étendu à la plupart des autres sciences, y compris les sciences économiques et sociales, si bien qu'on observe maintenant une véritable "culture" de la modélisation mathématique et de la simulation sur ordinateur dans des domaines de plus en plus variés.

Un accroissement et une diversification de l'offre de formation. Cette évolution s'est accompagnée d'une diversification des formations offertes en mathématiques dans les universités et de la création d'enseignements spécifiques orientés vers les applications des mathématiques. Ainsi se sont créées, dès 1965, les MAF (maîtrises de Mathématiques et Applications fondamentales), qui ont été progressivement remplacées par les MIM (maîtrises d'Ingénierie mathématique) à partir de 1983. Elles ont été complétées par la création, en 1974, des premiers DESS (diplômes d'études supérieures spécialisées) en ingénierie mathématique. Parallèlement, ont été mises sur pied toutes les formations en MASS (Mathématiques appliquées et sciences sociales), différenciées dès le premier cycle des universités et suivies des formations correspondantes de deuxième cycle (licence et maîtrise), puis de 5e année universitaire sous la forme de DESS ciblés.

Dans le même temps, les DEA (diplômes d'études approfondies) de mathématiques offraient de plus en plus d'options, voire des cursus complets, orientés vers les mathématiques pour les applications. L'objectif majeur était, comme il se doit pour un DEA, la formation à la recherche, mais certains ont même joué le rôle de formations professionnalisantes à bac+5, tant la demande pouvait être pressante dans certains secteurs.

Plus récemment, suite à la création des IUP (Instituts universitaires professionnalisés), formations professionnalisantes menant à bac+4, certaines universités ont opté pour des formations de ce type à dominante mathématiques appliquées.

En 1998, une réforme de l'agrégation de mathématiques a conduit à la mise sur pied d'une toute nouvelle épreuve de modélisation mathématique ayant pour but d'intégrer enfin, dans la formation d'une partie au moins des futurs professeurs de mathématiques de lycée, la prise en compte de cette évolution du rôle des mathématiques dans notre société moderne.

2 - PLUSIEURS OBJECTIFS À ATTEINDRE

L'objectif principal de cette évaluation est de faire un état des lieux des formations universitaires appartenant au secteur dit des mathématiques appliquées (orientées vers les applications), de les situer dans l'ensemble des formations en mathématiques, d'examiner comment elles accompagnent l'évolution de la place des mathématiques dans l'environnement scientifique et socio-économique, et dans quelle mesure elles répondent à la demande de mathématiciens appliqués de haut niveau pour le monde industriel et économique.

L'évaluation université par université et formation par formation a pour but de donner une photographie de la répartition géographique de ce dispositif, de souligner les spécificités locales et d'offrir un outil de comparaison, à la fois qualitatif et quantitatif, des formations dans ces disciplines, à partir des points forts et points faibles constatés et de l'analyse des flux d'étudiants.

Enfin, au-delà des formations universitaires affichées explicitement "mathématiques appliquées", cette étude apporte quelques informations sur les enseignements en mathématiques dans les autres formations "enseignements de service" ; elle est complétée par une observation sur la place des mathématiques dans les écoles d'ingénieurs et quelques autres grandes écoles ou formations supérieures.

En aval de l'évaluation des formations universitaires, a été conduite une analyse de leurs débouchés auprès des utilisateurs. Ayant examiné la plus ou moins grande adéquation de l'offre de diplômés à la demande extérieure, on a cherché à dégager les tendances fortes de l'évolution des différents domaines d'application des mathématiques et à apprécier comment l'enseignement supérieur a pris en compte, dans son système de formation, la large diversification de ces applications.

II - LE CHAMP DE L'ÉVALUATION

1 - LES DIFFICULTÉS PRÉALABLES OBSERVÉES

La démarche a commencé début 1999 avec la création d'un groupe de pilotage qui a défini le champ de cette évaluation et sa méthodologie.

Le groupe a été confronté à plusieurs difficultés lors de cette première étape :

- D'emblée s'est posé le problème de la définition des mathématiques appliquées : "Qu'entend-on par mathématiques appliquées" était une question centrale dans cette évaluation et la réponse à cette question allait susciter de nombreuses réflexions, comme on le verra plus loin.
- Ensuite, est apparu la question de l'extrême diversité des formes sous lesquelles interviennent les mathématiques appliquées dans la formation scientifique :
  - dans les filières universitaires assez bien identifiées comme relevant des mathématiques appliquées ;
  - dans les formations en mathématiques au sens large ;
  - dans les autres secteurs disciplinaires comme enseignements de service ;
  - dans les écoles d'ingénieurs et grandes écoles en général.
- Puis s'est imposée l'idée de conduire une étude auprès des entreprises industrielles et de service afin d'apprécier la réalité des débouchés des formations de mathématiques appliquées ;
- Une comparaison internationale aurait aussi été pertinente, mais n'a malheureusement pas pu être réalisée.

2 - LES TRAVAUX PRÉLIMINAIRES ORGANISÉS

Le groupe de pilotage a organisé :

- l'audition de personnalités scientifiques : anciens ou actuels responsables des mathématiques au Ministère, dans les écoles d'ingénieurs ou dans les sociétés savantes, responsables de la Commission des titres d'ingénieur (CTI), du Comité national d'évaluation de la recherche (CNER), de l'Observatoire des sciences et techniques (OST) et divers spécialistes des mathématiques (cf. la liste nominative exhaustive en tête de ce rapport) ;
- une interrogation des écoles doctorales en mathématiques (mars 1999).

3 - LE CHAMP DE L'ÉVALUATION FINALEMENT RETENU

Compte tenu de ces premières observations et consultations, et pour s'en tenir à des objectifs accessibles avec des moyens et dans un temps raisonnables, il a été convenu :

- d'une part, de restreindre le champ de l'évaluation *aux filières universitaires bien identifiées en mathématiques appliquées et ingénierie mathématique et aux universités dans lesquelles est offerte au moins une formation à bac+5 dans ce domaine au cours de l'année universitaire 1999-2000.* à l'intérieur de ce champ ont été évaluées

les formations à bac+5, à savoir les DESS comportant une composante mathématique et les DEA à composante mathématiques appliquées. Ont été évaluées également les formations à bac+4 en amont, c'est-à-dire les MIM (maîtrise d'Ingénierie mathématique), les maîtrises MASS (Mathématiques appliquées et Sciences sociales), les IUP à composante mathématique. De plus, on a apprécié la situation de ces formations dans le dispositif global de formation en mathématiques depuis le 1er cycle, ainsi que dans leur environnement de recherche, tout en analysant le potentiel enseignant en mathématiques ;

- d'autre part, de mener une enquête relative à l'emploi et aux besoins de compétence auprès d'un échantillon d'entreprises, et d'appréhender l'importance de la contribution des filières d'ingénieur à ce domaine d'activité à partir des résultats d'une enquête réalisée avec l'appui de la Commission des titres d'ingénieur (CTI).

Les résultats de l'évaluation des filières universitaires, université par université, sont rassemblés dans le CD-ROM joint à ce rapport, avec la présentation de la méthodologie et quelques tableaux récapitulatifs de flux d'étudiants.

III - LE DÉROULEMENT DE L'ÉVALUATION

1 - LA PRÉPARATION DE L'ÉVALUATION

Au printemps 1999 plusieurs questionnaires destinés à être envoyés aux universités concernées via les présidences d'université ont été rédigés :

- l'un général, structuré autour de thèmes transversaux : les flux d'étudiants en 1er , 2e et 3e cycles de 1995 à 2000, le devenir des diplômés, le nombre d'enseignants avec leur répartition entre les 25e et 26e sections du CNU [1], les heures d'enseignement en mathématiques avec la part de mathématiques appliquées, les flux de préparation au CAPES et à l'agrégation de mathématiques ;
- plusieurs autres spécifiques, portant sur les filières MIM, DESS, DEA, MASS, IUP.

Ces documents peuvent être consultés dans le CD-ROM.

Ces questionnaires ont été soumis pour avis à quelques personnalités du monde des mathématiques. Ils ont ensuite été proposés dans quelques universités pour être testés. Les réponses et commentaires ont été reçus début décembre 1999. Les questionnaires ont été alors immédiatement envoyés dans toutes les universités concernées après les modifications jugées utiles.

2 - L'ORGANISATION DE L'ÉVALUATION SUR LE TERRAIN

La présentation de la procédure d'évaluation du CNE aux universités. Trois réunions ont d'abord été organisées en janvier 2000 avec des directeurs d'UFR scientifique ou leurs représentants mathématiciens pour expliquer les finalités et modalités de l'évaluation et pour recueillir observations et suggestions de la communauté mathématicienne avant l'envoi d'experts sur le terrain.

La préparation des expertises sur le terrain

Une réunion avec les experts pour fixer les objectifs. Le CNE a organisé une réunion en mai 2000 avec les experts, au cours de laquelle il a présenté et commenté les attentes du Comité relatives à la conduite des expertises et à la rédaction du rapport final. Lors de cette réunion, a été remis à chaque expert un dossier contenant un cahier des charges de la mission d'expertise ainsi que la trame de construction du rapport final souhaité par le CNE. Toute la documentation recueillie auprès des universités a été communiquée aux experts.

---

[1] Rappelons qu'au Conseil national des universités, on trouve les mathématiques dans la 25e section, (Mathématiques), et dans la 26e section, (Mathématiques appliquées et applications des mathématiques). On peut, en première approximation, considérer que les mathématiciens appliqués sont ceux de la 26e section, mais ceci demande une analyse plus fine et sera discuté plus loin.

Un découpage géographique des expertises. Pour coordonner les expertises, les universités ont été regroupées par zone géographique. Le groupe de pilotage a découpé le territoire national en 11 secteurs et a choisi des groupes de 2 à 4 experts pour se rendre dans toutes les universités d'un même secteur. Une trentaine d'experts ont été nommés pour couvrir la cinquantaine d'universités participant à l'enquête.

Un cahier des charges remis à l'expert. Un mémento de l'expert a été préparé pour donner un cadrage et des orientations précises au travail des experts. Ce mémento contenait une liste de questions relatives à l'évaluation des mathématiques appliquées de l'UFR de Sciences de l'établissement, des grilles d'analyse propres, à chaque diplôme, ainsi qu'une grille transversale applicable à l'ensemble des formations[1]. Il était en particulier prévu dans ce cahier des charges que l'expert, en rédigeant son rapport, donne ses appréciations sur chaque UFR de Sciences et sur chaque diplôme en attribuant une cotation selon l'échelle A à E usuelle. Pour fonder les cotations des diplômes, les cinq critères suivants ont été retenus[1] :

- organisation globale du diplôme ;
- débouchés du diplôme ;
- formation en informatique ;
- ouverture sur l'extérieur ;
- liens avec la recherche.

Une trame de construction du rapport d'expertise souhaité par le CNE. Cette trame a été remise à l'expert afin que le CNE puisse publier des résultats d'évaluation des mathématiques appliquées par université de façon homogène[2].

3 - LE TRAVAIL D'EXPERTISE

Les experts ont été sollicités sur la base de leur expérience effective dans la mise en place ou l'encadrement de formations universitaires orientées vers les applications.

Ils ont été affectés à des groupes d'universités, le plus souvent par deux, afin d'assurer la plus grande couverture possible des formations à évaluer. Pour les grosses universités, les groupes d'experts ont été portés à trois ou quatre. Ils se sont rendus dans les universités courant juin 2000 et ont envoyé leurs rapports pendant l'été 2000.

L'ensemble des rapports d'expertise, fruit d'un travail considérable, contenait une information et des réflexions d'une très grande richesse.

On notait cependant une certaine hétérogénéité des rapports, des jugements trop diversifiés, et surtout des difficultés d'exploitation des cotations ; dans certains rapports on ne trouvait pas de cotation, dans d'autres on observait une adéquation insuffisante de la notation aux commentaires ou une accumulation trop systématique d'appréciations autour de la valeur A.

Il est aussi apparu que les experts n'ont pas pu rencontrer les étudiants autant qu'ils le souhaitaient à cause de la période choisie (mois de juin).

Une réunion de mise en commun a eu lieu en septembre. Elle a montré qu'à de rares exceptions près, les experts ont été bien accueillis et leur visite bien préparée dans les universités. Une première réflexion globale a pu être dégagée en séance sur les MIM, les DESS, les DEA, les formations à double compétence, les MASS, les relations entre les mathématiques et l'informatique et les relations des mathématiques avec les autres disciplines.

Le principe et la mise en œuvre des cotations ont donné lieu à un débat animé avec les experts, qui ont exposé leurs hésitations ou réticences, motivées par leur souci de formuler des jugements exacts et nuancés, et aussi par leur appréhension devant les risques d'exploitation sommaire d'appréciations trop réductrices.

---

1 On se reportera à la partie "Guide de lecture des grilles d'analyse" (CD-ROM).

2 On se reportera à la partie "Mode de présentation des résultats" (CD-ROM).

4 - L'HOMOGÉNÉISATION DES RAPPORTS

Un travail d'uniformisation de la présentation des rapports, de vérification des données, a ensuite été effectué pour chacun des rapports d'expert.

La difficulté inhérente à la démarche de cotation des formations a été discutée par le CNE dans sa séance du 9 novembre 2000. Il est apparu plus adapté de retenir une appréciation qualitative autour de chaque critère retenu[1] pour évaluer les formations et de dégager en synthèse un argumentaire concis mettant en avant les points forts et faibles de la formation et de la filière dans son ensemble. Les rapports d'expert ont été harmonisés de cette façon.

Ces rapports harmonisés ont été retournés aux experts à partir du printemps 2001 pour accord et, éventuellement, compléments d'information. Ils ont ensuite été transmis aux universités concernées pour être avalisés[2]. Ils constituent l'essentiel du tome 2 sur CD-ROM.

Pendant cette même période, le champ d'évaluation a été affiné : des expertises complémentaires ont été effectuées pour des formations (de type double compétence MASS, mathématiques-économétrie, etc.) qui n'avaient pas été considérées dans un premier temps, entre autres, à cause des recherches par les mots-clefs d'un vocabulaire trop mathématique.

IV - QU'APPELLE-T-ON MATHÉMATIQUES APPLIQUÉES ?

1 - MATHÉMATIQUES "APPLIQUÉES" VERSUS "PURES"

Mathématiques appliquées et mathématiques pures : une frontière floue

Il est bien difficile de donner une définition précise de ce qu'on appelle "mathématiques appliquées", bien que ce soit une terminologie couramment employée. Elle n'a pas la même signification pour tout le monde, même en France, et la distorsion est encore plus grande à l'échelle internationale.

Elle suggère qu'il y a deux sortes de mathématiques, celles qu'on appelle donc "appliquées" et les autres qu'on qualifie le plus souvent, par opposition, de "pures". Il y aurait donc une classification des mathématiques en deux branches distinctes. Si oui, où se trouve la ligne de séparation ? Il n'est pas facile d'y répondre quand on sait toute la cohérence, l'imbrication et la continuité qui existent entre les différentes branches des mathématiques.

Ce sont les deux adjectifs "pures" et "appliquées " qui sont le plus souvent employés. Au lieu du premier, on dit aussi "fondamentales" ou "théoriques "… Ce dernier adjectif étant sans doute à bannir car on imagine mal ce que seraient des mathématiques non théoriques. Pour éviter l'ambiguïté de l'expression "mathématiques appliquées", on cherche aussi à la remplacer par "mathématiques motivées" ou "mathématiques applicables". Dans le titre de ce rapport, nous parlons de "mathématiques orientées vers les applications". Comme nous l'expliquons ci-dessous, ceci nous semble plus approprié. Tout au long du rapport, nous nous permettons cependant d'utiliser assez systématiquement l'expression "mathématiques appliquées" (MA), communément utilisée - malgré ses ambiguïtés - dans les communautés universitaires concernées. Nous nous référons à l'analyse ci-après qui essaie de mieux cerner cette notion, ainsi qu'à la liste des domaines des mathématiques que nous indiquons ensuite comme faisant explicitement partie de notre champ d'observation.

Les mathématiques appliquées : une démarche intellectuelle plutôt qu'un domaine de connaissances. Certains disent : "il n'y a pas de mathématiques appliquées, il n'y a que des mathématiciens appliqués". Cette remarque permet d'avancer sur la question, car elle fait référence à une démarche mathématique particulière et non plus à une partition du domaine. On s'approche alors sans doute davantage de la véritable signification cachée derrière le vocable

---

1 On se reportera à la partie "Guide de lecture des grilles d'analyse" (CD-ROM).

2 On se reportera à la partie "Les résultats par université" (CD-ROM).

"mathématiques appliquées", qui fait plutôt référence à une activité mathématique spécifique en ce qu'elle est associée à un objectif d'application dans une autre discipline ou dans un autre secteur, alors que les "mathématiques pures" sont uniquement motivées par des progrès internes aux mathématiques. Par exemple, les tentatives de démonstration du théorème de Fermat, qui a défié les mathématiciens pendant plusieurs siècles, ont fait naître de nombreux outils nouveaux et puissants en théorie des nombres, et même en géométrie. La question initiale posée sur les nombres entiers[1] était purement mathématique et n'était motivée par rien d'autre que la volonté de mieux comprendre les nombres entiers. Il n'y était associé aucun autre objectif de résolution d'un problème hors de la discipline mathématique, ce qui n'empêche nullement qu'un jour ce théorème, enfin démontré[2], puisse avoir des applications à un autre domaine.

Tout le monde est d'accord pour qualifier l'activité autour du théorème de Fermat de "mathématiques pures". Par contre, les recherches faites depuis plusieurs années autour de l'équation dite de Navier-Stokes [3], issue de la modélisation en dynamique des fluides, sont plutôt classées en "mathématiques appliquées".

Elles ont pourtant, là aussi, généré de nouvelles mathématiques, certaines bien éloignées de la mécanique des fluides, et ayant un intérêt intrinsèque pour les progrès de l'analyse mathématique. Mais, le fait que la motivation initiale était d'utiliser des mathématiques en vue d'une meilleure compréhension des mouvements des fluides induit une situation tout à fait différente de celle du théorème de Fermat et la classe, sans ambiguïté, dans la mouvance des "mathématiques appliquées".

Nous convenons pour la suite que la terminologie "mathématiques appliquées" fait référence à des mathématiques motivées par au moins une application identifiée hors des seules mathématiques.

Des interrogations subsistent. Il n'en reste pas moins plusieurs questions, par exemple :

- les mathématiques "pures" et "appliquées" correspondent-elles à deux activités scientifiques différentes ou est-ce seulement la motivation qui est différente ?
- y a-t-il deux communautés distinctes : celle des mathématiciens "purs" et celle des mathématiciens "appliqués" ?
- peut-on classer les différentes branches des mathématiques selon leur utilisation dans les applications ou non ?
- pour l'évaluation qui nous concerne ici, quelles branches devons-nous considérer comme relevant des mathématiques appliquées et quels enseignements devons-nous évaluer ?

Bien d'autres questions, liées à l'évolution des mathématiques sous la pression des applications, seraient bien sûr intéressantes à analyser, mais vont au-delà de notre objectif d'évaluation d'une classe particulière de formations.

Nous donnons quelques éléments de réflexion et de réponse aux questions énoncées précédemment.

2 - UN PEU D'HISTOIRE

Des rapports conflictuels durant 40 ans dans la communauté des mathématiciens

Depuis au moins l'entre-deux guerres et jusqu'aux environs de 1980, les rapports entre mathématiques appliquées et pures étaient, en France, très hiérarchisés et très conflictuels.

Un vrai mathématicien se devait de faire des mathématiques pour la seule beauté de cette science, sans aucun souci des applications, voire en mettant plutôt un point d'honneur à ce qu'elles soient complètement "gratuites". D'ailleurs, n'est-ce pas la grandeur des mathématiques d'être si bien faites que, tôt ou tard, elles se révèlent utiles,

1 Il s'agit de montrer, pour un nombre entier n supérieur ou égal à 3, qu'il n'existe pas d'entiers strictement positifs s, y, z, tels que $x^n+y^n=z^n$. Bien sûr pour $n=2$, il en existe puisque $3^2+4^2=5^2$.

2 Le "théorème de Fermat", énoncé par Pierre de Fermat au XVIIe siècle, a enfin été démontré en 1993 par Andrew Wiles, mathématicien britannique.

3 Cette équation porte sur les dérivées partielles par rapport au temps et à la variable spatiale de la vitesse d'un fluide en mouvement ; elle est non linéaire et fait encore l'objet de nombreuses questions ouvertes.

bien que créées sans aucun but utilitaire (on retrouve les mêmes exemples répétés à l'envi dans la littérature du genre) ? L'activité du mathématicien appliqué se trouvait, de fait, largement dévalorisée et assimilée à une simple et médiocre utilisation des outils mathématiques développés en amont par les "vrais" mathématiciens. Ce jugement hiérarchique se perpétuait dans tous les rouages du système, en particulier dans toutes les instances d'évaluation, de promotion ou de recrutement de mathématiciens. La conséquence en a été un retard important du développement des mathématiques appliquées en France.

Ceci a heureusement changé radicalement au cours de ces vingt dernières années. Mais il faut garder à l'esprit ce passé encore proche lors de toute analyse, et *a fortiori* de toute évaluation des mathématiques appliquées. L'évolution des mentalités est un phénomène généralement lent et il faut se garder des "vieux démons".

Une évolution forte des mentalités depuis 20 ans. Plusieurs facteurs ont déclenché une attitude nouvelle : la crise des débouchés en mathématiques vers les années 80, la nécessité d'une conception plus pragmatique de la science, même mathématique, le développement de l'informatique, et surtout la prise en compte des mutations dans les pratiques mathématiques hors de France, en particulier aux États-Unis, et la clairvoyance de quelques-uns de nos meilleurs mathématiciens. Il est enfin apparu (ou plutôt réapparu) clairement que, loin d'être seulement un sous-produit des mathématiques, les applications étaient une source féconde de problèmes mathématiques nouveaux et riches, et que c'était une chance et une nécessité d'engager les mathématiques dans le développement de tous les secteurs techniques et économiques.

Les formations universitaires ont parallèlement évolué : les offres de nouveaux diplômes en "ingénierie mathématique" ont soudainement fleuri ; cette nouvelle terminologie présentait l'avantage d'être moins "chargée" que celle de "mathématiques appliquées", et surtout accompagnait bien ce mouvement de pénétration de l'outil mathématique dans d'autres disciplines de plus en plus diverses. Ainsi, face à ce spectaculaire élargissement du champ d'intervention des mathématiques, certains affirment même maintenant que les mathématiques pures sont devenues un sous-domaine des mathématiques appliquées : elles correspondent à la partie qui peut être totalement formalisée.

3 - PLUSIEURS COMMUNAUTÉS DE MATHÉMATICIENS ?

C'est en 1983 que s'est créée la SMAI, Société de mathématiques appliquées et industrielles.

Elle s'est donc ajoutée à la SMF, Société mathématique de France, qui représentait les mathématiques depuis sa fondation en 1872. La création de cette nouvelle société savante traduisait le besoin, ressenti par beaucoup de mathématiciens "appliqués" de l'époque, d'identifier, de rendre visible, de valoriser et de développer les mathématiques pour les applications, en même temps que de défendre leurs représentants et leurs militants. D'autres regrettaient cette initiative, où ils voyaient surtout l'aspect négatif d'une "sortie de la SMF" de certains mathématiciens, et craignaient peut-être aussi la contestation d'un pouvoir, jusqu'alors omniprésent, des mathématiciens "purs"

Une vingtaine d'années après, il s'avère que cette démarche a été très bénéfique pour les mathématiques dans leur ensemble. Aujourd'hui, les deux sociétés (SMAI et SMF) travaillent en étroite collaboration avec de plus en plus d'initiatives communes, mais aussi avec des actions séparées, tant il est devenu évident pour tous qu'il y a matière à projets pour les deux sociétés.

La visibilité accrue des mathématiques tournées vers les applications. Des groupes se sont progressivement créés au sein de la SMAI pour accroître la visibilité de certains sous-domaines des mathématiques appliquées. Ils sont au nombre de quatre au début de l'année 2002 :

- le GAMNI : Groupe pour l'avancement de méthodes numériques de l'ingénieur ;
- le groupe MAS : Modélisation aléatoire et statistique ;
- le groupe MODE : Mathématiques de l'optimisation et de la décision ;
- le groupe AFA : Association française d'approximation.

La SMAI compte environ 1300 adhérents et la SMF 2000. Il existe aussi une autre société savante française relevant des mathématiques, la SFdS, Société française de statistique, créée en 1997 à partir du regroupement de trois autres sociétés (dont la Société de statistique de Paris, fondée en 1860). Elle compte environ 1000 adhérents.

En première approximation, les mathématiciens purs se retrouvent à la SMF et les mathématiciens appliqués à la SMAI, mais ceci doit cependant être fortement nuancé : d'abord, beaucoup appartiennent aux deux sociétés et les adhésions jointes sont encouragées ; ensuite, les statisticiens se retrouvent plutôt à la SFdS ; d'autre part, la SMF encourage maintenant aussi beaucoup d'actions en direction des applications, qui ne sont donc plus un domaine réservé des autres sociétés.

Notons qu'à l'étranger, il existe également des sociétés savantes spécialisées dans les mathématiques pour les applications : citons par exemple, la SIAM aux USA (Society for Industrial and Applied Mathematics) qui co-existe avec l'AMS (American Mathematical Society), de même que la CAMS (Canadian Applied Mathematical Society) avec la CMS (Canadian Mathematical Society), la GAMM en Allemagne (Gesellschaft für Angewandte Mathematik und Mechanik), la SIMAI en Italie (Società italiana di matematica applicata e industriale), la SEMA en Espagne (Sociedad española de matemática aplicada). L'EMS, la Société mathématique européenne ou European Mathematical Society, a été créée en 1990 et couvre l'ensemble des mathématiques.

On peut aussi classer les enseignants-chercheurs mathématiciens sur des critères d'appartenance à l'une ou l'autre des sections du CNU, la 25e section "*Mathématiques*" ou la 26e section "*Mathématiques appliquées et Applications des mathématiques*". Ils sont environ 3 500 au total et se répartissent à peu près également entre chaque section. Les intitulés des sections indiquent bien la répartition entre "purs" et "appliqués" avec cependant, là aussi, des corrections à effectuer : par exemple, la didactique des mathématiques relève de la 26e section ; par ailleurs, on trouve aussi - mais c'est plus récent - un souci des applications en 25e section : calcul formel, mathématiques discrètes. Paradoxalement peut-être, ces deux derniers domaines relèvent aussi de la 27e section "*Informatique*". Sur 1 500 enseignants en université de la 26e section, environ 600 relèvent des probabilités-statistique.

4 - DANS QUELS ORGANISMES TROUVE-T-ON DES MATHÉMATICIENS APPLIQUÉS ?

Dans les universités. Ils appartiennent le plus souvent à la 26e section du CNU. Des informations chiffrées peuvent être trouvées à ce sujet université par université dans la 2e partie de cette évaluation (CD-ROM).

Dans les grands organismes scientifiques. Au CNRS, on trouve quelques mathématiciens appliqués mais en très petit nombre : déjà, l'effectif des mathématiciens y est peu important et celui des mathématiciens appliqués vraiment réduit à la portion congrue. Il y a bien eu quelques postes de chercheurs offerts sous les affichages "*calcul scientifique*", *ou* "*interaction des mathématiques*", ou "*interface mathématiques et …*", et maintenant "*ouverture vers les STIC*", mais il ne s'agit que de quelques unités et on peut parfois discuter du profil appliqué des chercheurs recrutés sur ces postes.

Il y a beaucoup de mathématiciens appliqués à l'INRIA (Institut national pour la recherche en informatique et automatique) où, même si le mot n'apparaît pas dans l'intitulé, on y utilise et produit beaucoup de mathématiques.

Dans les écoles d'ingénieurs. Les mathématiques enseignées dans les écoles sont essentiellement tournées vers les applications ; elles trouvent donc une place naturelle dans le champ de cette évaluation. Mais on verra que ces enseignements ne sont pas nécessairement dispensés par des spécialistes en mathématiques. (cf. l'étude complémentaire 1, faite à ce sujet dans ce volume).

Bien sûr, on recrute des mathématiciens appliqués dans les bureaux d'étude et laboratoires de recherche en milieu industriel et économique (cf. l'étude complémentaire 2 sur les débouchés dans ce volume).

5 - UNE LISTE DES DOMAINES APPLIQUÉS DES MATHÉMATIQUES ?

Une réflexion a été conduite pour définir les domaines ou disciplines mathématiques qui sont souvent sollicités pour les applications.

Cette réflexion s'imposait car il s'agissait de clarifier ce que l'on entend par mathématiques pour les applications avant d'interroger les universités concernées par l'enseignement et la recherche dans ce domaine.

C'est ce que nous avons entrepris, du moins dans les grandes lignes, pour proposer la liste ci-après. Il faut cependant rappeler le contexte et resituer les choix finalement faits au regard des réflexions développées ci-dessus.

Rappel du contexte. Nous refusons une partition catégorique et figée en deux parties "pures" et "appliquées" pour l'ensemble des mathématiques, car nous pensons qu'il n'y a pas de ligne de démarcation entre les sous-domaines des mathématiques. Ils constituent, au contraire, un *continuum* de disciplines de proximité présentant une cohérence globale entre elles, ce qui est, d'ailleurs, une des forces principales des mathématiques.

Nous avons déjà souligné, par ailleurs, que certaines mathématiques pouvaient être créées pour elles-mêmes à un moment donné, sans motivation applicative, et donner lieu à des applications par la suite : la notion de mathématiques pour les applications est donc fortement évolutive et doit prendre en compte le facteur temps.

En revanche, à un instant donné, les mathématiciens s'accordent à peu près pour désigner celles des mathématiques qui sont plus particulièrement utilisées pour les applications, et donc aussi celles qui ne le sont pas, du moins à l'instant "t".

Cette classification peut être mise en perspective avec l'observation de l'utilisation des mathématiques hors du milieu universitaire : nous renvoyons, en particulier, à l'analyse des débouchés faite plus loin dans ce volume, où apparaissent très nettement les tendances fortes en ce qui concernent les mathématiques effectivement utilisées. On pourra vérifier qu'elles recoupent largement les choix que nous avons faits. Il apparaît, par exemple, deux grandes familles :

- le calcul scientifique, les équations aux dérivées partielles, l'analyse numérique, l'optimisation ;
- les probabilités et la statistique.

Mais s'ajoutent aussi à cela les mathématiques discrètes et plusieurs branches dont l'importance a crû récemment comme la cryptographie ou le calcul formel qui relèvent d'ailleurs à la fois des mathématiques et de l'informatique.

Disciplines considérées comme relevant des mathématiques appliquées. Il a bien sûr été nécessaire d'établir une liste de disciplines considérées comme relevant des *mathématiques appliquées (MA)*, car comment demander aux universités de chiffrer les enseignements en mathématiques appliquées parmi les autres sans se mettre d'accord au départ sur une définition ?

C'est ce que nous avons entrepris, du moins dans les grandes lignes, en proposant la liste ci-dessous :

- analyse numérique et calcul scientifique ;
- probabilités ;
- statistique ;
- équations aux dérivées partielles (EDP) et modélisation ;
- mathématiques discrètes ;
- optimisation et contrôle ;
- toutes mathématiques orientées vers les applications.

Cette liste a été explicitement jointe aux questionnaires envoyés dans les universités. Elle correspond aux grands domaines des mathématiques qui, à notre époque, sont le plus souvent utilisés comme outils dans les applications. Ils incluent implicitement plusieurs sous-domaines importants comme la recherche opérationnelle (qui fait partie de l'optimisation ainsi que la programmation linéaire), la CAO/DAO (ou conception/dessin assisté par ordinateur) qui est présente en calcul scientifique avec la géométrie des maillages, le calcul formel qui fait partie du calcul scientifique (non numérique), la théorie du signal qu'on classe plutôt en probabilités, etc. La modélisation a été associée ci-dessus aux EDP, car on pense surtout à la modélisation pour la mécanique (structures, fluides), ou pour la cinétique chimique, la biologie, la dynamique des populations, mais elle est aussi intégrée dans les formations en probabilités ou en statistique (on parle alors souvent aussi d'étude de cas), et elle peut être aussi transversale comme le traitement d'images ou les modèles en finance.

Ont été considérées comme *mathématiques générales (MG)* toutes les autres mathématiques enseignées dans les filières de mathématiques. Enfin, ont été considérées comme *mathématiques de service (MS),* les mathématiques enseignées dans des cursus autres que de mathématiques.

V - LES FORMATIONS OBSERVÉES ET LES CRITÈRES RETENUS

1 - LES DIPLÔMES ÉVALUÉS

L'évaluation s'est surtout concentrée sur les diplômes explicitement affichés comme relevant des mathématiques appliquées, à savoir :

- les maîtrises de Mathématiques, mention ingénierie mathématique (MIM) ;
- les seconds cycles en mathématiques appliquées et sciences sociales (MASS) ;
- les instituts universitaires professionnalisés, IUP, orientés mathématiques et informatique ;
- les DESS avec composante mathématique ;
- les DEA de mathématiques appliquées ou ayant une option en mathématiques appliquées (un organigramme est proposé au chapitre suivant).

2 - LES CRITÈRES RETENUS POUR ÉVALUER CES FORMATIONS [1]

Nous décrivons maintenant les critères choisis et nous expliquons les raisons de leur choix.

Nous avons défini les mathématiques appliquées comme étant une activité mathématique motivée par des applications dans une ou plusieurs autres disciplines. Ceci implique tout un ensemble de spécificités et d'activités annexes qui ne seraient généralement pas associées à une activité mathématique "pures". Il est essentiel d'en tenir compte dans l'évaluation des formations correspondantes. On trouve :

La pluridisciplinarité. C'est un premier critère retenu pour évaluer les formations.

Par définition, au moins une discipline d'application doit être enseignée dans la formation. Une formation ne peut cependant pas tout couvrir et présente, en fonction de ses spécificités, un fonctionnement que nous essayons de lire et d'apprécier.

Ceci fait l'objet d'une rubrique intitulée "Ouverture sur l'extérieur et l'extra-académique" dans la grille d'analyse des formations [1]. Dans cette rubrique il est demandé quelles autres disciplines sont enseignées. Il est aussi demandé si les étudiants sont formés à la modélisation et à l'étude de cas.

---

[1] On se reportera à la partie "Guide de lecture des grilles d'analyse" (CD-ROM).

La modélisation. Le terme "modélisation" a une signification très variable selon la sensibilité de qui l'emploie. Il décrit ici l'opération qui consiste à traduire en termes mathématiques un problème donné : par exemple, la prévision météorologique recourt à un système d'équations mathématiques, très compliqué en l'occurrence, qui est supposé représenter l'évolution des paramètres atmosphériques dans les jours à venir. Ces équations sont établies à partir des lois de la physique, de la thermodynamique, de la mécanique des fluides dans le contexte de la météorologie. Le système d'équations obtenu constitue, dans ce cas, le modèle mathématique. Pour d'autres applications, il fera usage d'autres objets mathématiques et s'appuiera sur une autre expertise. Les formations doivent intégrer l'apprentissage de cette démarche, au moins sur un domaine choisi.

La simulation. Le modèle mathématique obtenu est construit à partir d'un système d'équations complexes ; plus le modèle tente de s'approcher de la réalité, plus la complexité du système d'équations élaboré est grande. Une résolution analytique d'un tel système n'est pas possible. La seule solution est de recourir aux procédés numériques en s'appuyant sur la puissance de calcul de l'ordinateur. Lors de la simulation, sont utilisés des outils mathématiques variés mais aussi beaucoup de logiciels informatiques.

L'informatique. Les opérations évoquées ci-dessus sont plus ou moins complexes et comportent l'utilisation de logiciels existants ou le développement de nouveaux logiciels *ad hoc*. Dans certains domaines utilisant le calcul scientifique, la seule utilisation des logiciels, qui sont alors de gros codes de calcul, nécessite une formation préalable importante. De même, la création de nouveaux logiciels nécessite des connaissances étendues en algorithmique, en génie logiciel, en bases de données, etc. Il est peu de stages en entreprise qui ne demandent pas de mise en œuvre sur machine. Une bonne pratique est toujours appréciée et l'on constate que beaucoup de mathématiciens sont recrutés davantage au vu de leurs capacités dans ce domaine que pour leurs connaissances mathématiques proprement dites.

Nous avons donc prévu une rubrique d'observations liées à l'informatique [1]. On y mesure la quantité des enseignements de base, mais plus encore l'existence de projets informatiques ou de travaux pratiques où l'étudiant a, en particulier, l'occasion de se familiariser avec les logiciels du domaine ; on regarde aussi comment l'informatique proposée s'articule avec la formation (pertinence des cours choisis, des logiciels utilisés, son intégration dans l'ensemble du cursus et surtout au sein même des autres cours).

L'ouverture sur l'extérieur. Elle permet de différencier une formation orientée vers les applications et vers une professionnalisation d'une formation purement académique.

Outre l'ouverture à une discipline d'application et à l'informatique comme on vient de l'expliquer, on attend aussi toute une organisation pour favoriser les contacts avec le milieu industriel et socio-économique, la mise en place de stages de durée suffisante pour approfondir la connaissance du métier et de l'entreprise, l'intervention de professionnels dans les enseignements, l'encouragement au développement d'autres compétences telles que la maîtrise d'une langue étrangère, la connaissance du droit de l'entreprise, etc. Tout ceci est mesuré et fait l'objet d'une rubrique spécifique dans les grilles d'analyse [1].

Les débouchés de la formation. Les formations de niveau bac+5 que sont par exemple les DESS ont explicitement une finalité professionnelle. La rubrique d'observation des débouchés y est donc un élément d'appréciation très important. L'effectivité des débouchés est mesurée à l'aide des nombres de diplômés et des flux de sortie.

On observe aussi l'organisation du suivi des diplômés et la mise en place d'aides à la recherche de stages et à l'embauche. Il est instructif de recouper cette information avec l'analyse des débouchés faite directement depuis les entreprises et complétant cette évaluation [2].

---

1 On se reportera à la partie “Guide de lecture des grilles d'analyse" (CD-ROM).

2 Étude complémentaire 2 : "Les débouchés pour les diplômés en mathématiques".

L'attractivité. En amont, on essaie aussi de mesurer l'attractivité locale et nationale d'une formation. On procède par une observation précise des flux d'entrée, de l'origine des élèves, du mode de recrutement et du nombre de dossiers déposés. Il est intéressant de coupler cette observation avec l'orientation proposée pour la formation et le ou les domaines de mathématiques privilégiés. Sur l'ensemble des universités, ceci peut permettre de dégager des tendances générales.

La cohérence et la continuité pédagogique. Les autres critères d'observation sont plus globaux et concernent la cohérence de l'ensemble des formations offertes dans une même universités. Une grille d'analyse de l'ensemble de la filière mathématiques appliquées de l'université a été établie [1].

On observe l'articulation, le suivi et la continuité des programmes entre les formations de bac+3 à bac+5.

La logistique. On consacre aussi une rubrique à l'équipement et à la logistique : moyens informatiques et de documentation, secrétariat.

L'environnement recherche. La recherche n'est pas évaluée dans ce document. Cependant, étant donné le lien étroit entre enseignement et recherche dans les universités, il est difficile d'avoir une vision claire de l'encadrement dans les formations dispensées, surtout à bac+5, sans avoir un aperçu de l'environnement de recherche. Son impact sur les DEA proposés est, bien sûr, essentiel, puisqu'il s'agit le plus souvent d'une formation à la recherche qui a vocation à se poursuivre au sein des équipes locales.

L'apport est également important pour les DESS et les maîtrises : en effet, le choix des matières proposées dans les formations pour les applications est d'autant plus pertinent que les problématiques de recherche et les questions d'actualité sont mieux connues : de plus, toute relation établie avec le milieu extérieur dans le cadre des activités de recherche est de la plus haute utilité pour placer les étudiants en stage, collecter des sujets pour les projets et, le cas échéant, pour préparer une embauche. Inversement, les contacts établis à l'occasion de stages d'étudiants peuvent parfois donner naissance à une collaboration plus conséquente de l'entreprise avec le laboratoire de recherche. On consacre donc une rubrique aux "liens avec la recherche" dans les grilles d'analyse des DESS et DEA.

Un paragraphe est aussi consacré aux liens avec la recherche dans l'évaluation de chaque université [2].

---

1 On se reportera à la partie "Guide de lecture des grilles d'analyse".

2 On se reportera à la partie "Les résultats par université" (CD-ROM).

LES FORMATIONS SUPÉRIEURES EN MATHÉMATIQUES ORIENTÉES VERS LES APPLICATIONS

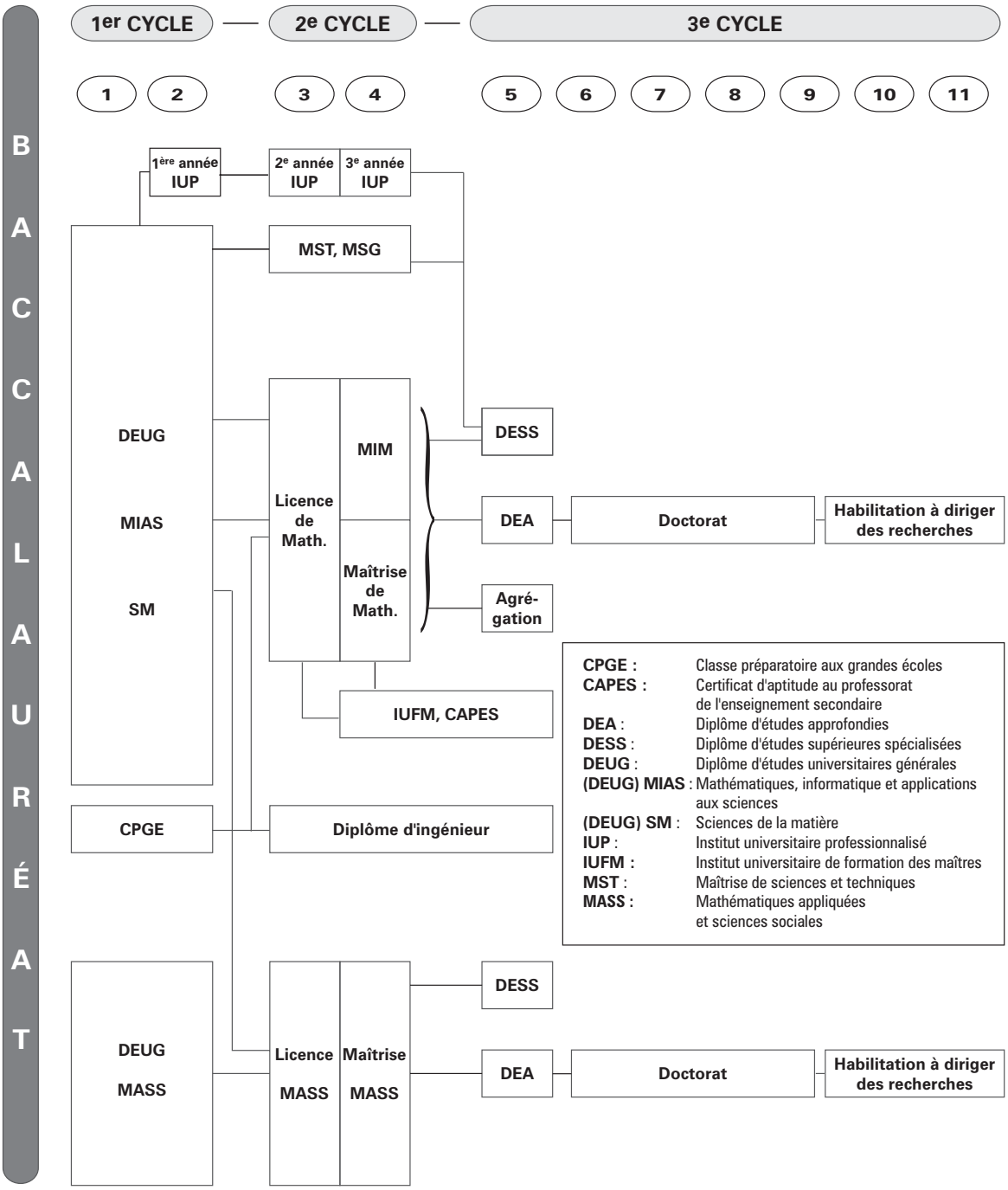
SYNTHÈSE DES ÉVALUATIONS PAR FILIÈRE

I - LES FILIÈRES DE MATHÉMATIQUES : ORGANIGRAMME ET TEXTES OFFICIELS

1 - L'ORGANIGRAMME

L'organigramme qui suit permet de visualiser les parcours offerts en mathématiques et en mathématiques appliquées dans les universités.

Cet organigramme est suivi d'un résumé des principales dispositions caractérisant les formations en mathématiques appliquées : MIM, DESS, IUP, MASS, DEA.



Les paragraphes suivants présentent l'essentiel des textes officiels relatifs aux principaux diplômes des formations universitaires en mathématiques appliquées.

2 - LE DIPLÔME D'ÉTUDES UNIVERSITAIRES GÉNÉRALES - DEUG SCIENCES ET TECHNOLOGIES (Arrêté du 30 avril 1997)

La durée totale des enseignements du DEUG Sciences et Technologies est de 1100 heures au minimum. Les activités de travaux dirigés et de travaux pratiques occupent au moins la moitié de la durée totale, dont un minimum de 100 heures par an de travaux expérimentaux pour les mentions MIAS, SM et MASS.

DEUG, mention mathématiques, informatique et applications aux sciences (MIAS). Les enseignements de cette mention portent notamment sur l'algèbre, l'analyse, la géométrie et leurs applications, les probabilités, la statistique, les mathématiques appliquées, les mathématiques pour l'informatique ; l'algorithmique et les méthodes de programmation, l'architecture des ordinateurs, les systèmes d'exploitation et les réseaux ; la mécanique ; la physique.

DEUG, mention sciences de la matière, (SM). Les enseignements de cette mention portent notamment sur l'électromagnétisme, la mécanique et le génie mécanique, les phénomènes ondulatoires, l'optique, l'électronique-électrotechnique-automatique, la thermodynamique ; la chimie physique, la chimie organique et inorganique ; les mathématiques et l'informatique, y compris les méthodes et outils appliqués aux sciences de la matière.

DEUG, mention mathématiques appliquées et sciences sociales (MASS). Les enseignements de cette mention portent notamment sur l'algèbre, l'analyse et leurs applications, les probabilités, la statistique, les mathématiques appliquées, les mathématiques pour l'informatique ; l'architecture des ordinateurs, les systèmes d'exploitation et les réseaux, l'algorithmique et les méthodes de programmation ; une discipline relevant des sciences économiques ou des sciences humaines.

Les DEUG MIAS, SM et MASS donnent accès de plein droit à la licence de mathématiques. Cependant, ce sont les DEUG MIAS et MASS qui correspondent aux parcours les mieux adaptés. Le DEUG MASS donne accès de plein droit à la licence MASS, ainsi que le DEUG MIAS, mais à condition que ce dernier comporte un enseignement à la licence visée.

3 - LES LICENCES ET MAÎTRISES DU SECTEUR SCIENCES ET TECHNOLOGIES (Arrêté du 30 avril 1997)

En licence et en maîtrise du secteur sciences et technologies, la durée totale des enseignements est au minimum de 500 heures. Ce minimum est porté à 550 heures en incluant des enseignements complémentaires (travail d'étude ou de recherche, formation à l'environnement professionnel) ainsi que la pratique de langues vivantes étrangères. L'équilibre entre les différentes formes d'enseignement est défini par l'établissement en fonction des finalités de chaque cursus ; les cours occupent au plus la moitié de la durée totale. La licence peut comporter un travail d'étude ; la maîtrise comporte un travail d'étude et de recherche. Ces travaux peuvent prendre des formes diversifiées (projet, étude bibliographique, travail expérimental) ; ils font l'objet d'un rapport et d'une soutenance. La licence et la maîtrise peuvent en outre comporter une formation à l'environnement professionnel : stage à caractère scientifique, professionnel ou pédagogique, formation aux techniques de communication, au fonctionnement des entreprises et des institutions, à l'économie, à la gestion, au droit …

La licence de mathématiques. Elle comporte 300 heures au moins d'enseignement portant sur les matières suivantes avec un minimum de 30 heures de travaux pratiques et expérimentaux :

- calcul différentiel, équations différentielles, applications ;
- calcul intégral, analyse de Fourier, applications ;
- deux au moins des disciplines suivantes : algèbre et arithmétique, algèbre et géométrie, fonctions d'une variable complexe, algorithmique et méthodes de programmation, probabilités, analyse numérique, mécanique, physique fondamentale.

La maîtrise de mathématiques sans mention. Elle comporte 300 heures au moins d'enseignement portant sur les matières suivantes :

- analyse réelle et complexe ;
- algèbre, géométrie et topologie ;
- une au moins des disciplines suivantes : probabilités, statistique, analyse numérique, optimisation, logique, méthodes informatiques, systèmes dynamiques, mécanique, physique fondamentale.

La maîtrise de mathématiques mention ingénierie mathématique. Elle comporte 300 heures au moins d'enseignement portant sur les matières suivantes avec un minimum de 50 heures de travaux pratiques et expérimentaux :

- analyse et analyse numérique ;
- probabilités et statistique ;
- algorithmique et informatique ;
- deux au moins des disciplines suivantes : calcul scientifique, optimisation, théorie du contrôle, phénomènes aléatoires, algèbre et applications, mathématiques discrètes, mathématiques de l'informatique, méthodes informatiques, systèmes dynamiques, mécanique, physique fondamentale.

De plus, cette maîtrise comporte une formation à l'environnement professionnel pouvant notamment prendre la forme d'un stage.

La licence et la maîtrise de mathématiques appliquées et sciences sociales. Elles comportent chacune un minimum de 300 heures d'enseignement portant sur les matières suivantes dont au moins 50 heures de travaux pratiques et expérimentaux :

- calcul différentiel et intégral, applications ;
- probabilités, statistique, optimisation, analyse numérique, mathématiques discrètes ;
- mathématiques de l'informatique, algorithmique, méthodes informatiques ;
- une discipline relevant des sciences économiques ou des sciences humaines.

En outre, la licence et la maîtrise de mathématiques appliquées et sciences sociales comportent chacune :

- une formation aux méthodes numériques et informatiques ainsi que leur mise en œuvre ;
- une formation à l'environnement professionnel pouvant notamment prendre la forme d'un stage.

4 - LA LICENCE, LA MAÎTRISE ET LE TITRE D'INGÉNIEUR MAÎTRE DÉLIVRÉS PAR LES IUP (Décret n° 94-1204 du 29 décembre 1994, arrêté du 29 décembre 1994, arrêté du 22 février 1995)

Les formations assurées au sein des instituts universitaires professionnalisés (IUP) sont organisées en trois années d'études.

Le cursus comprend une formation de base à caractère scientifique et technique dans la spécialité concernée, une formation complémentaire préparant à la vie professionnelle et des stages dans le secteur d'activité correspondant. Les étudiants sont admis dans un institut universitaire professionnalisé, en première année d'études de l'institut, à l'issue d'une procédure d'orientation ; certains étudiants peuvent toutefois être admis directement en deuxième année d'études à l'issue d'une procédure d'orientation identique.

L'arrêté du 29 décembre 1994 définit les diplômes et titre délivrés au sein des instituts universitaires professionnalisés :

- au terme d'une première année en institut universitaire professionnalisé, le diplôme d'études universitaires générales ;
- au terme de la deuxième année, la licence ;
- au terme de la troisième année, la maîtrise.

Le titre d'ingénieur maître est décerné aux seuls étudiants titulaires de la maîtrise obtenue au sein de l'IUP, sur proposition d'un jury particulier, qui se prononce au vu des résultats de l'ensemble du cursus accompli par l'étudiant et qui apprécie les compétences professionnelles développées, notamment à l'occasion des stages. Ce titre est assorti de la dénomination de la spécialité, complétée par l'indication de l'IUP dans lequel la formation a été suivie et de l'établissement qui le décerne.

La formation de base à caractère scientifique et technique comprend, selon les spécialités, un volume horaire qui se situe entre 1600 et 2000 heures d'enseignement, réparti sur trois années. La formation complémentaire comprend un enseignement d'au moins une langue étrangère (150 heures au minimum), un enseignement de techniques de

communication (100 heures) et un enseignement de matières ne ressortissant pas directement du secteur d'activité concerné par le diplôme préparé. Pour le secteur industriel, ces enseignements doivent familiariser l'étudiant aux méthodes de gestion d'une activité industrielle, en particulier sous ses aspects juridiques, économiques et financiers ; pour le secteur tertiaire, ces enseignements doivent notamment familiariser l'étudiant avec les outils de travail et de communication utilisés dans le secteur des services, en particulier l'informatique et les réseaux d'entreprises (100 heures au minimum).

Les stages ont une durée minimale de dix-neuf semaines pour l'ensemble des trois années.

L'arrêté du 19 avril 1995 précise la création de la spécialité Génie mathématique et informatique pour les diplômes nationaux délivrés dans le cadre des IUP.

5 - LE DIPLÔME D'ÉTUDES SUPÉRIEURES SPÉCIALISÉES - DESS (Arrêté du 30 mars 1992)

Le diplôme d'études supérieures spécialisées sanctionne une formation spécialisée préparant directement à la vie professionnelle, qui peut être accomplie en formation initiale ou continue. Cette formation a pour objet l'acquisition de connaissances approfondies dans des domaines particuliers complémentaires de la formation dispensée en deuxième cycle, ainsi que l'acquisition de techniques destinées à favoriser l'exercice d'un type d'activité déterminé.

L'inscription au diplôme d'études supérieures spécialisées est prononcée par le chef d'établissement sur proposition du responsable du DESS. Par dérogation, le chef d'établissement peut autoriser des candidats à s'inscrire après validation d'acquis professionnels.

La formation comprend un enseignement dont le contenu figure dans la demande d'habilitation. Elle inclut nécessairement des enseignements théoriques, des enseignements pratiques et un stage. Elle comprend également la préparation d'un mémoire ou d'un projet, individuel ou collectif.

Les modalités du contrôle des connaissances figurent dans la demande d'habilitation. Ce contrôle comprend des épreuves écrites et orales et la soutenance d'un rapport de stage, d'un mémoire ou d'un projet, individuel ou collectif.

6 - LES ÉTUDES DOCTORALES (Arrêté du 30 mars 1992)

Les études doctorales sont une formation à et par la recherche qui peut être accomplie en formation initiale ou continue. La formation doctorale, qui débouche sur la thèse, est préparée de préférence au sein d'écoles doctorales reconnues dans le cadre des contrats quadriennaux de développement de la recherche et des études doctorales.

7 - LE DIPLÔME D'ÉTUDES APPROFONDIES - DEA (Arrêté du 30 mars 1992)

La part essentielle de la formation est consacrée à l'initiation à la recherche. Dans les disciplines où ce type de formation est possible, les étudiants s'initient aux techniques de recherche en effectuant un stage en laboratoire. Dans les autres disciplines, cette initiation a lieu sous forme d'enquêtes sur le terrain ou de stages. En outre, l'étudiant bénéficie d'enseignements théoriques et méthodologiques et d'une initiation aux techniques de recherche dont le volume annuel n'excédera pas 200 heures.

Sauf dérogation accordée par le chef d'établissement, la préparation du DEA est organisée sur une année universitaire.

Le diplôme d'études approfondies est délivré, sur délibération du jury du DEA, aux candidats ayant satisfait aux contrôles qui doivent comprendre :

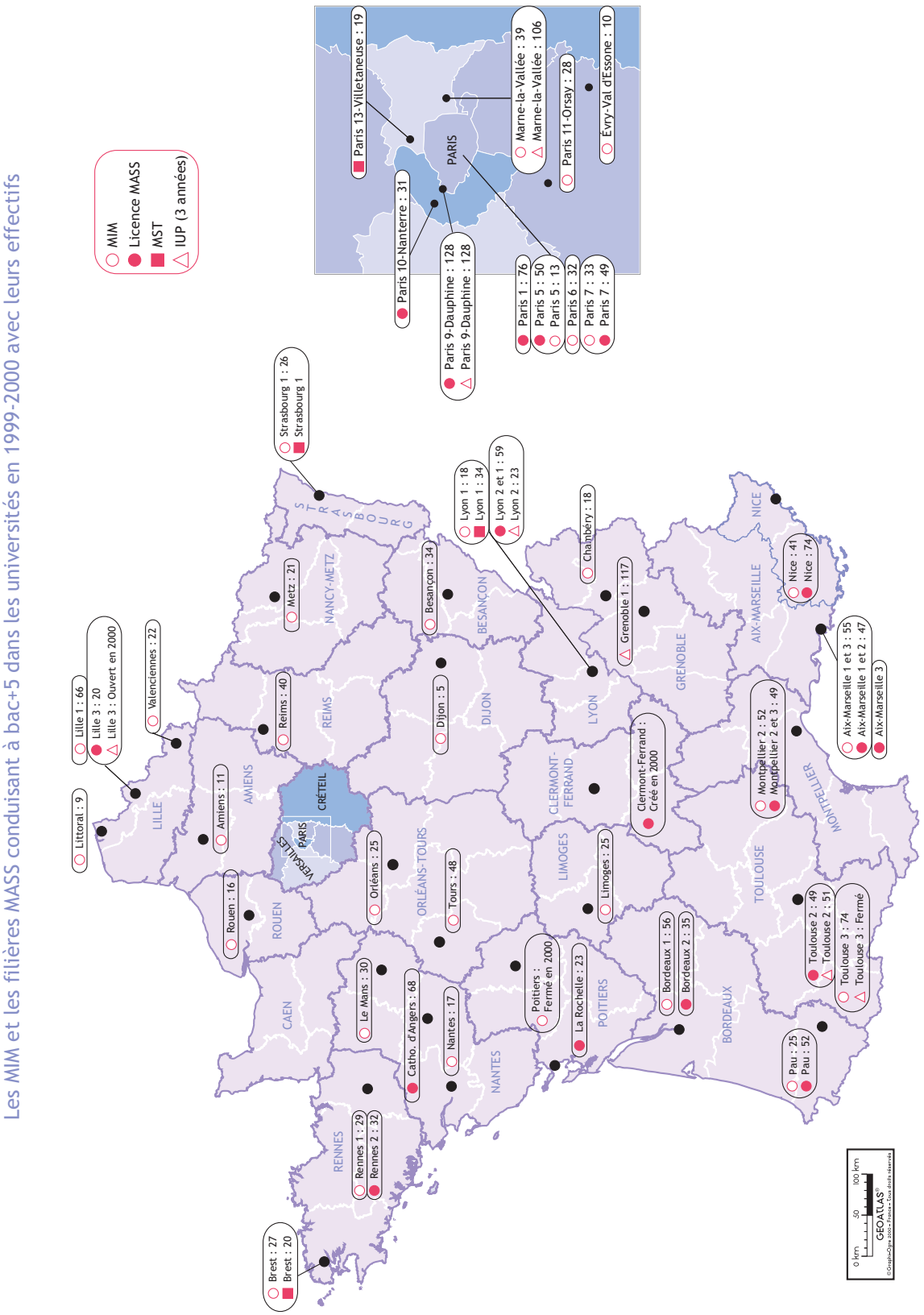
- la soutenance d'un mémoire permettant d'apprécier les capacités de l'étudiant pour la recherche et son aptitude à la préparation d'une thèse, qui constitue la partie la plus déterminante du DEA ;
- selon les disciplines, un ensemble d'épreuves ou de rapports portant sur les enseignements théoriques et méthodologiques ;
- une épreuve orale qui doit permettre d'apprécier la capacité de l'étudiant à appréhender le champ disciplinaire concerné.

Lorsque l'étudiant a participé à des stages, l'avis du responsable de stage est pris en compte en tant qu'élément d'appréciation pour la délivrance du diplôme.

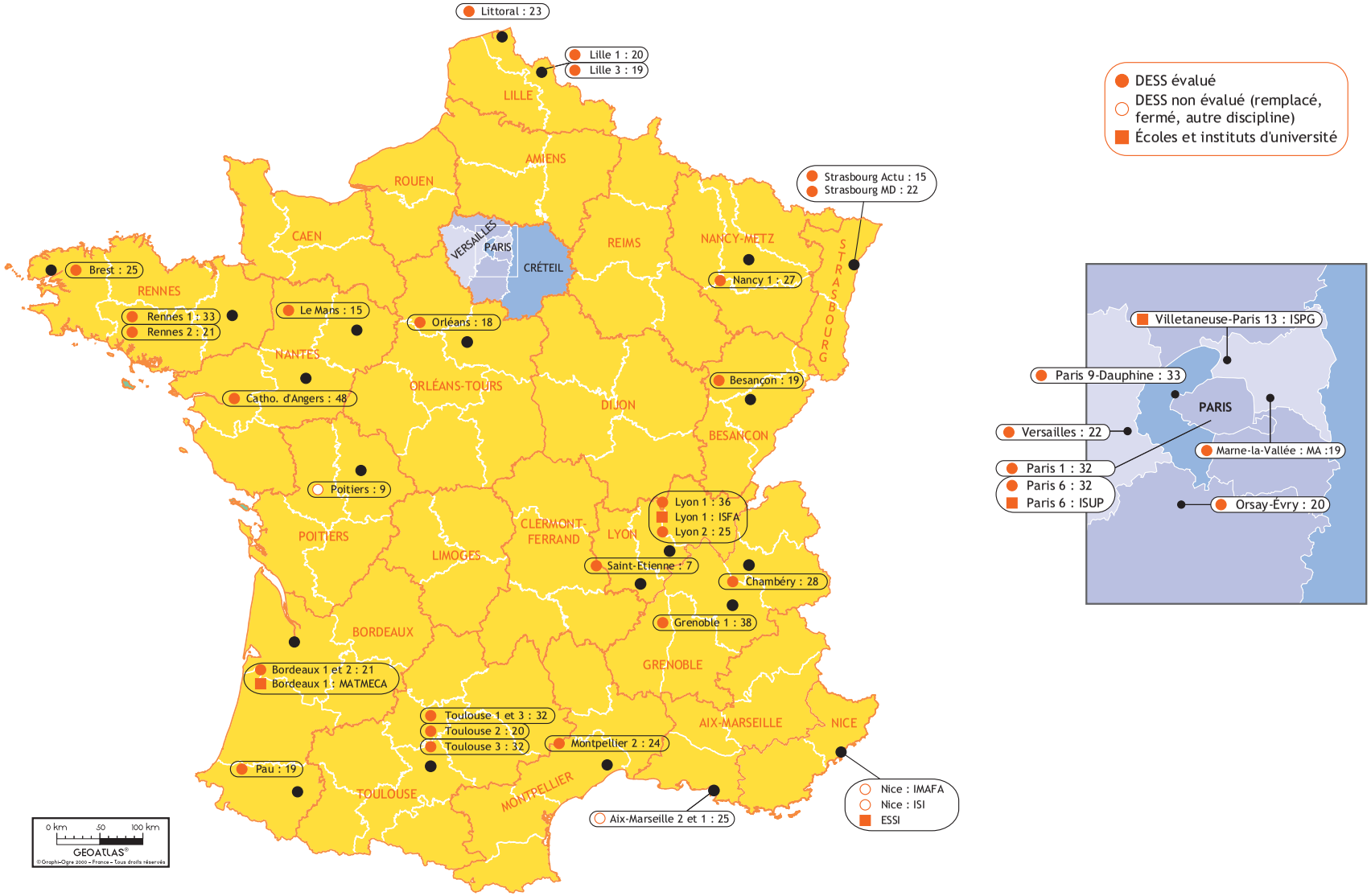
II - LES CARTES UNIVERSITAIRES DES FILIÈRES

3 cartes suivent : une carte commune aux filières de second cycle MIM et MASS, une pour les DESS et une pour les DEA.

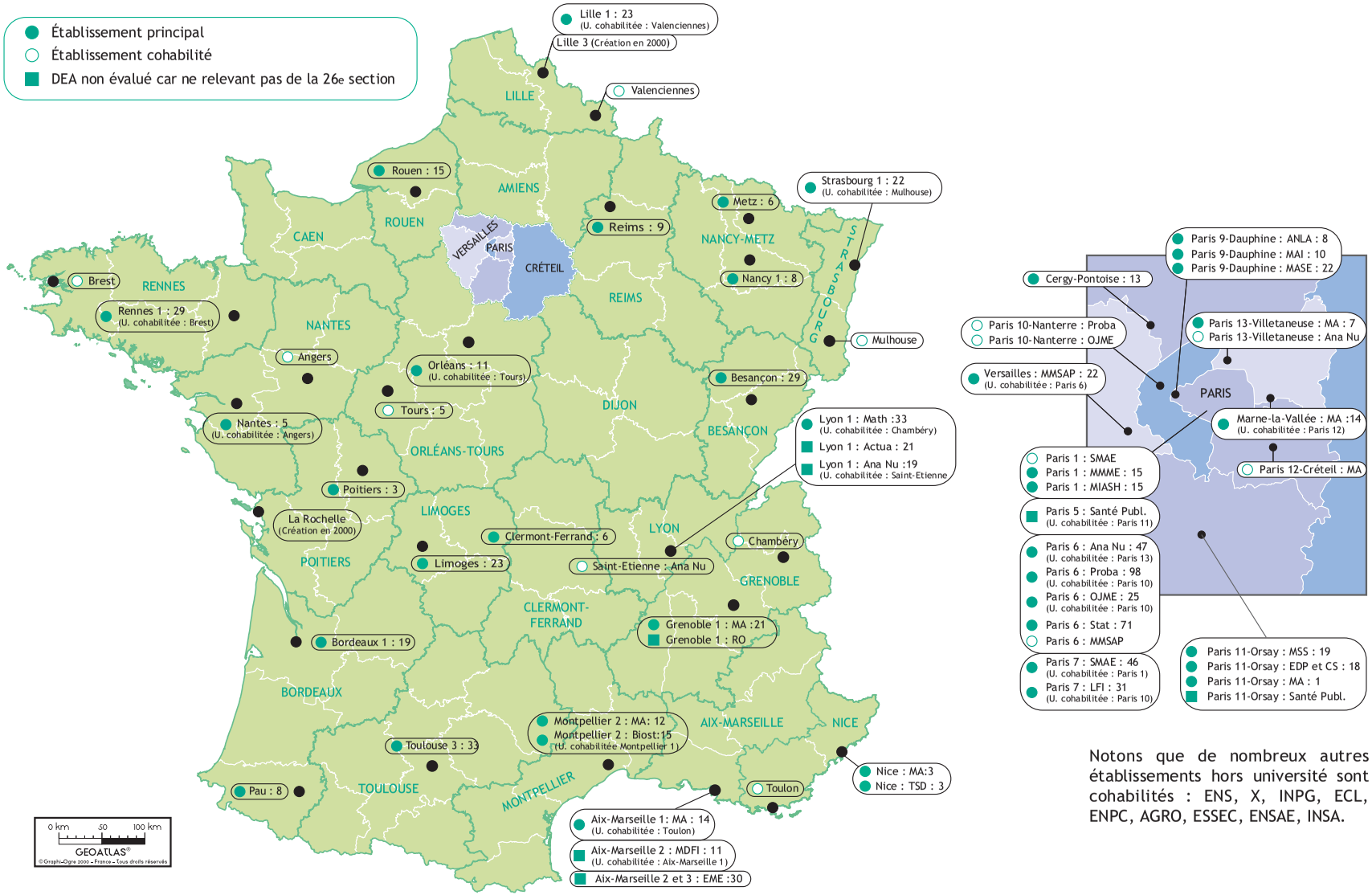
Les MIM et les filières MASS conduisant à bac+5 dans les universités en 1999-2000 avec leurs effectifs



Les DESS de mathématiques appliquées dans les universités en 1999-2000 avec leurs effectifs ainsi que les écoles et instituts d'université



Les DEA proposant des enseigements de mathématiques appliquées en 1999-2000 avec leurs effectifs



Notons que de nombreux autres établissements hors université sont cohabilités : ENS, X, INPG, ECL, ENPC, AGRO, ESSEC, ENSAE, INSA.

III - LES MAÎTRISES DE MATHÉMATIQUES, MENTION INGÉNIERIE MATHÉMATIQUE (MIM)

1 - IMPLANTATION, TYPOLOGIE

Sur 54 universités expertisées, 28 présentent des MIM, réparties régulièrement sur tout le territoire national. 6 autres MIM étaient hors du champ d'évaluation puisqu'elles ne se prolongeaient pas en un diplôme à bac+5.

2 - RECRUTEMENT

Avec une valeur moyenne de 32 (pour l'année 1999-2000), les effectifs sont très variables : de moins de 10 à plus de 70. Ils dépassent 50 dans des universités de grande taille telles que Lille, Bordeaux I, Toulouse III, Montpellier II, Aix-Marseille, mais aussi Tours (qui, de fait, n'a pas de maîtrise de mathématiques classique).

Effectifs inscrits	20 et -	21 à 30	31 à 49	50 à 60	62 à 70
Nombre de MIM	7	7	7	4	3

L'attractivité est bonne pour la période considérée : les effectifs sont passés globalement de 659 en 1995 à 1062 en 1999, alors que dans le même temps, le nombre des étudiants a baissé dans les filières scientifiques. Cela semble dû à la création de MIM ces dernières années : huit ont été créées depuis 1996.

La parité entre garçons et filles est loin d'être établie : en général les filles représentent moins du tiers des recrutés.

3 - CURSUS, THÉMATIQUES ABORDÉES

Les disciplines enseignées sont majoritairement l'analyse numérique (EDP) et le calcul scientifique, présents dans toutes les MIM (sauf à Reims). Puis les probabilités-statistique apparaissent dans toutes les formations, sauf à Chambéry. Il n'y a que des probabilités à Tours, mais ce n'est sans doute pas la seule MIM dans ce cas : il n'a pas été explicitement demandé aux universités de distinguer les probabilités de la statistique. Mais on sait par ailleurs (cf. l'étude complémentaire de ce rapport sur les débouchés) que les professionnels se plaignent du manque de formation en statistique. Viennent ensuite 17 MIM avec de la mécanique, et 17 autres avec de l'optimisation et contrôle ; quelques-unes font les deux ; en général, il s'agit d'une alternative en option. Dans la moitié des universités (Bordeaux I, Brest, Littoral, Lyon I, Marne-la-Vallée, Nantes, Nice, Paris VII, Paris XI, Pau, Rennes I, Toulouse III), des enseignements sont explicitement nommés "modélisation" avec toute l'ambiguïté que recouvre ce terme ; s'agit-il de modélisation de phénomènes physiques, économiques ? Est-ce enseigné en relation avec des problèmes concrets, ou purement théoriques ? L'enquête ne permet pas de répondre à ces questions.

Il est à noter deux thématiques d'une réelle originalité : la cryptographie à Limoges, la formation actuarielle à Marne-la-Vallée. Globalement, ces MIM sont relativement polyvalentes et équilibrées, mais il semble qu'existe un réel déficit dans l'enseignement de la statistique sur l'ensemble du territoire, ce qui ne se voit pas objectivement sur les chiffres en raison de l'intitulé commun "probabilités-statistique".

La modélisation-étude de cas est également difficile à analyser. Bien sûr, des projets ou TER utilisant l'informatique apparaissent dans 18 MIM, mais ils existent sans doute ailleurs sans que cela soit mentionné.

L'enseignement des langues varie de 20 à 60 heures, sauf dans 12 MIM qui n'offrent pas d'enseignement de langue (il s'agit toujours de l'anglais, mais Strasbourg offre aussi de l'allemand) :

Nombre d'heures d'anglais par an	0	20 à 29	30 à 39	40 à 42	50 à 60
Nombre de MIM	12	6	6	2	2

Il y a beaucoup de disparités concernant l'enseignement de l'informatique. D'une part, le volume horaire est généralement mal renseigné, d'autre part, ce que recouvre le terme informatique est interprété de façons fort diverses. Ceci étant, il n'y a pas d'informatique à Brest, Nantes et Nice. Ce que les textes officiels appellent mathématiques de l'informatique apparaît de façon un peu marginale (9 MIM, avec un volume de 50 à 250 heures), mais le partage avec l'informatique proprement dite n'est pas le même partout. Si l'on s'en tient à l'intitulé -encore une fois officiel- algorithmique et informatique, les horaires varient de 12 heures à Lyon I à 272 à Rouen. Notons que 5 MIM ne prévoient pas d'heures d'enseignement en informatique.

Nombre d'heures d'informatique par an	0	12	45 à 50	55 à 70	78 à 85	100 à 150	169 à 272
Nombre de MIM	5	1	3	5	3	8	3

La formation informatique a été évaluée comme suit :

Formation à l'informatique	Excellente	Très bonne	Normale	Insuffisante	Très insuffisante
Nombre de MIM	1	9	12	4	2

L'accès à Internet pour les étudiants n'est mentionné qu'à Lille I et à Dunkerque.

Les projets utilisant de l'informatique apparaissent 18 fois, mais il semble qu'ils soient beaucoup plus nombreux. La plupart de ces projets sont mentionnés comme projets plutôt que comme des TER relativement théoriques. On est mal renseigné sur les conditions matérielles : la salle informatique est-elle propre aux maîtrises ? Le nombre de postes de travail est-il suffisant eu égard aux effectifs ?

La situation semble correcte à Lille I (15 PC pour 70 étudiants), Orléans (une salle avec une dizaine de postes, PC ou terminaux X, pour une vingtaine d'étudiants), Nantes (10 postes Unix ou Windows pour un effectif raisonnable), Rennes I (3 stations Sun pour 30 étudiants), Toulouse III (plusieurs salles réservées aux étudiants pour les applications en licence de Mathématiques et en MIM en accès libre en dehors des TP), Montpellier II, Nice, Metz, Strasbourg. Dans la plupart des cas, les logiciels accompagnent les équipements. Sont cités Fortran 90, SAS, Maple, Matlab et des systèmes de gestion de bases de données sur lesquels portent des TP (mentionnés une dizaine de fois, ce qui ne veut pas dire qu'ils ne sont pas organisés ailleurs...). Ce qui est enseigné est assez flou, entre l'algorithmique, les langages de programmation, l'apprentissage des logiciels.

L'appréciation de l'articulation de l'informatique avec le reste de la formation est évaluée comme suit :

Articulation de l'informatique	Excellente	Très bonne	Normale	Insuffisante	Très insuffisante
Nombre de MIM	2	9	9	7	1

Le taux de réussite. Le taux moyen est de 60 %, mais il est très variable selon les universités : de 31 % à plus de 90 %. Ceci étant, ce genre de choses est toujours extrêmement difficile à évaluer : ce pourcentage est calculé sur le nombre d'inscrits, non sur le nombre de présents réguliers, ce qui peut biaiser considérablement le résultat. Il reste que le taux moyen constaté est inacceptable à ce niveau de formation.

4 - OUVERTURE SUR L'EXTÉRIEUR

Elle n'est pas flagrante. Une seule MIM (Amiens) mentionne la présence d'étudiants salariés venus, semble-t-il, de la formation continue. L'intervention de professionnels est rarissime, l'exception très intéressante étant celle de Marne-la-Vallée où interviennent des actuaires et des ingénieurs en fiabilité pour chacune des deux options de la MIM.

La principale ouverture vient des stages en entreprise qui s'imposent peu à peu, en devenant progressivement obligatoires : sur 19 MIM, 9 ont maintenant un stage obligatoire.

Stages : durée en mois	Pas de stage	Option	1 mois	2 mois	3 mois	4 mois
Nombre de MIM	8	10	3	3	2	2

Mais la durée en est souvent faible : un mois, est ce raisonnable ? Il est vrai que cela oblige à une gestion ferme du calendrier, ce dont sont conscients les enseignants qui, à l'occasion d'un renouvellement d'habilitation du diplôme, remodèlent la structure de la formation en conséquence (rentrée plus précoce, concentration des enseignements avant le 1er mai pour libérer réellement trois mois pour le stage, par exemple) ce qui a pour corollaire intéressant la possibilité pour les étudiants d'avoir fini assez tôt la partie théorique de la MIM, ceci les mettant en meilleure position pour leur candidature à des formations de troisième cycle.

5 - CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Le rôle de la MIM était *a priori* celui d'une formation professionnelle à bac+4, mais elle ne permet plus depuis de nombreuses années une entrée directe dans la vie active. En revanche, c'est une bonne préparation à un DESS de mathématiques appliquées. Elle pourrait l'être plus fréquemment pour une préparation à un DEA de mathématiques appliquées.

On regrette, en effet, le faible nombre de titulaires de la MIM s'orientant vers un DEA. Cette maîtrise est injustement dévaluée dans l'esprit de nombreux collègues, par rapport aux maîtrises de mathématiques pures et considérée par eux comme le débouché des étudiants les plus faibles. Contrairement à une opinion trop répandue les applications des mathématiques exigent une formation approfondie en mathématiques, quelles qu'elles soient. Il fut un temps, lorsque le nombre de postes aux concours d'enseignement était particulièrement faible, où c'étaient au contraire les meilleurs étudiants qui s'orientaient vers la MIM. Les besoins actuels en mathématiques appliquées, particulièrement en statistique, indiquent qu'un effort devrait être fait pour attirer davantage d'étudiants vers le cursus DEA + thèse en mathématiques appliquées.

Pour améliorer l'attractivité de cette formation, il conviendrait, que les enseignants dès le DEUG montrent aux élèves que l'enseignement n'est pas le seul débouché des études en mathématiques, par le biais, entre autres, des MIM. Cela pourrait se faire aussi lors des réunions d'information destinées aux classes de terminale dans les lycées. À cet égard, le discours des conseillers d'orientation est à revoir : trop souvent il se résume à déconseiller les universités aux élèves, en ignorant manifestement l'ensemble des possibilités professionnalisantes qu'elles offrent.

La MIM est parfois précédée d'une licence orientée en ingénierie mathématique, ce qui donne une meilleure lisibilité à la filière de mathématiques appliquées. Dans la mesure où les effectifs le permettent, une telle organisation est peut-être à préconiser : dans le cadre des filières de niveaux 3/5/8, on peut envisager des modules optimaux préparant au cycle bac+5 d'ingénierie mathématique, accroissant aussi la lisibilité de cette filière professionnelle.

Par ailleurs, il serait intéressant que les calendriers de ces formations soient revus pour que la session de septembre n'obère pas les opportunités de stage. Les universités ayant adopté le système des deux sessions avant l'été sont encore trop peu nombreuses. Ce système offre un double avantage : d'une part les étudiants sont fixés assez tôt sur leur réussite ou leur échec à la maîtrise, ce qui les met en meilleure position pour les candidatures aux formations de troisième cycle ; d'autre part, ce système leur laisse des semaines entièrement consacrées à leur stage sans le souci d'une deuxième session à préparer.

Ensuite, les projets concrets utilisant l'informatique sont indispensables à ce type de formation, au même titre que les stages. Redisons, que la durée du stage ne devrait pas être inférieure à trois mois. Cette première expérience de confrontation, à la vie en entreprise, est toujours extrêmement enrichissante.

Une autre question concerne le rôle des MIM pour les futurs enseignants : il pourrait être certainement beaucoup plus important, plus encore maintenant avec l'introduction de la statistique dans les lycées. De plus, pourquoi, ne pas préconiser l'obligation d'un stage en entreprise pour les candidats aux concours d'enseignement ? Il ne faut évidemment pas sous-estimer la difficulté dans certaines régions et de trouver des entreprises intéressées à participer à cette formation.

IV - LES FILIÈRES DE MATHÉMATIQUES APPLIQUÉES ET SCIENCES SOCIALES (MASS)

1 - IMPLANTATION, TYPOLOGIE

En 2000, parmi les 54 universités expertisées, 16 offraient un cursus complet de MASS. Les enseignements étaient répartis sur toute la France, sauf dans l'Est et dont 5 à Paris, et créés entre 1974 et 1999 :

- dans les années 70 : Angers (1976), Pau (1973), Paris X (avant 1980), Paris VII (1976) ;
- dans les années 80 : Paris I, avec Paris VII (de 1985 à 1999) ;
- dans les années 90 : Rennes II (licence en 1993, maîtrise en 1994), Toulouse II, Lille III, la Rochelle (1996), Nice (1992), Aix-Marseille I et II (licence en 1996, maîtrise en 1998), Montpellier II (1998-1999); Lyon II, vient d'ouvrir une filière MASS (licence en 1999 et maîtrise en 2000).

Il faut y ajouter celles de Paris V, Paris IX, Bordeaux II.

Ces filières de second cycle MASS peuvent êtres suivies sur place par un DESS dans les universités de Lille III, Paris I, Paris IX, Toulouse II, Rennes II (statistiques pour l'entreprise) et dans une moindre mesure à Lyon II.

D'autres universités ont des DESS, mais sans relation directe avec les MASS (ainsi Pau, Aix-Marseille I et Montpellier II) et enfin, il n'y a pas de DESS à la Rochelle, ni à Aix-Marseille III, Nice, Paris V, Paris VII, Paris X, Bordeaux II.

Les effectifs globaux de licence ont évolué de 563 en 1996 à 779 en 1999. Quant aux maîtrises, cette évolution a varié de 298 à 525, sur la même période.

2 - RECRUTEMENT

Le pourcentage des étudiants issus du DEUG MASS local varie de 46 % à 100 %. Les autres étudiants viennent d'autres DEUG ; moins de 10 % ont fait une CPGE. Mais, en moyenne, ce sont des formations dont l'attractivité est normale :

Attractivité	Excellente	Très bonne	Normale	Insuffisante	très insuffisante
Nombre de MASS	0	4	9	2	1

Les effectifs sont de 55 en moyenne en licence en 1999, mais s'étalent de 19 pour La Rochelle à 128 pour Paris I.

Effectifs inscrits	20 et -	27 à 32	45 à 60	68 à 76	128
Nombre de licences MASS	2	3	7	3	1

Les effectifs sont de 35 en moyenne en maîtrise en 1999, mais s'étalent de 11 pour la Rochelle à 116 Paris IX.

Effectifs inscrits	16 et -	20 à 25	30 à 31	47 à 62	116
Nombre de maîtrises MASS *	4	4	2	4	1

* La maîtrise de Lyon II, n'étant pas créée en 1999, ne figure pas dans le décompte.

La mixité est beaucoup plus équilibrée que dans les autres formations : les filles constituent en général au moins la moitié de l'effectif.

3 - CURSUS, THÉMATIQUES ABORDÉES

Les thèmes les plus classiques abordés sont, outre les probabilités et la statistique avec toujours une part importante d'informatique sous forme d'enseignement de logiciels et d'outils, la gestion et l'économie (11 fois citées), mais aussi gestion et finances (3 fois). Les thèmes plus originaux sont la gestion de production et la communication homme-machine (Toulouse II), l'aménagement (Pau), la géographie (Toulouse II, Paris VII et Montpellier II), la linguistique (Paris VII), la philosophie et l'histoire des mathémathiques (Paris 9), l'environnement (Montpellier II), la démographie (Paris X), l'épidémiologie (Paris V) et le marketing (Paris IX, Lille III) ; la modélisation-étude de cas n'est pas citée, sauf à Lille III.

Le nombre d'heures de mathématiques varie entre la moitié et les deux tiers des enseignements. Néanmoins, sept MASS ont moins de 300 heures de mathématiques, en contradiction avec l'obligation statutaire de cette formation. À l'inverse, l'horaire d'informatique est important quand celui de MA ne l'est pas et faible quand celui de mathématiques est lourd… Son volume varie de 30 heures à 294 heures.

Formation à l'informatique	Excellente	Très bonne	Normale	Insuffisante	Très insuffisante
Nombre de MASS	0	5	8	3	0

L'insertion de l'informatique dans l'ensemble de la formation est considérée comme :

Insertion de l'informatique	Excellente	Très bonne	Normale	Insuffisante	Très insuffisante
Nombre de MASS	0	5	8	3	0

Dans onze MASS sont mentionnés des projets ; ceux-ci sont souvent réalisés dans des entreprises. Dans 3 MASS, il n'y a pas de projet, et il y a 2 non réponses.

L'enseignement des langues se présente ainsi :

Nombre d'heures d'anglais par an	0	20	30 à 36	39 à 42	50 et +
Nombre de MASS	5	2	4	2	3

Notons qu'à Lyon II, ces cours d'anglais permettent la préparation du TOEFL.

Le taux de réussite varie de 52 % à 76 % en licence, et de 63 % à 95 % en maîtrise, le taux de redoublement de 0 % à 27 %.

Les débouchés sont essentiellement un troisième cycle, rares étant les étudiants qui trouvent ou cherchent du travail en entreprise à la sortie de la maîtrise.

Cela arrive dans le cas de spécialités telles que la vente par correspondance (VPC) à Lille, ou la banque et le conseil à Paris IX. Quelques rares étudiants s'orientent vers l'IUFM, l'informatique (Rennes II), l'ENSAE (Paris I).

4 - OUVERTURE SUR L'EXTÉRIEUR

Les stages sont mentionnés 12 fois, de 1 à 3 mois, et on peut regretter qu'ils ne soient pas plus fréquents.

Durée du stage en mois	0	Option	6 semaines	2 mois	3 mois
Nombre de MASS	2	3	2	6	3

Ces stages, dont il n'est pas sûr qu'ils soient obligatoires, ont des durées qui paraissent tout à fait insuffisantes pour offrir un réel intérêt de formation.

L'intervention de professionnels dans le cursus est signalée 5 fois et semble plutôt ponctuelle, sauf à Toulouse II.

5 - CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

La filière MASS n'est pas professionnalisante, à bac+4, et comme les IUP et les MIM, elle conduit naturellement à un diplôme de troisième cycle, le plus souvent un DESS, plus précisément en statistique. En effet, les MA abordées sont principalement les probabilités et la statistique. Mais la part des mathématiques est souvent juste en dessous des 300 heures statutaires, et on peut le regretter. De même, il est dommage que les stages ne soient pas obligatoires et n'aient pas une durée plus conséquente. Il y a toujours une part importante d'informatique sous forme d'enseignement de logiciels et d'outils.

La partie importante de l'enseignement dédiée aux sciences sociales est souvent orientée vers la gestion et l'économie (10 fois). Mais sont aussi abordées, la gestion et les finances (3 fois), et l'on rencontre une grande variété de thèmes plus originaux ; seule, la modélisation-étude de cas n'est citée qu'une fois et c'est sans nul doute dommage pour un tel type de formation à vocation pluridisciplinaire. Ainsi l'appellation "sciences sociales" recouvre-t-elle des réalités diverses selon la coloration de l'UFR où la MASS est implantée.

Ces formations permettent d'acquérir assurément une double compétence, voire triple (MA, sciences sociales et l'indispensable informatique) en second cycle, et ceci est un avantage supplémentaire pour les débouchés sur un troisième cycle des étudiants concernés. La variété des thèmes abordés montre donc que cette formation offre une large palette des possibilités d'applications des mathématiques. Cela est intéressant y compris pour les quelques étudiants qui s'orientent finalement vers l'enseignement : on ne peut que se réjouir que de futurs professeurs de mathématiques aient été confrontés aux MA au cours de leur formation initiale.

Enfin, le nombre important de filles dans cette filière donne à penser qu'il y a peut-être là un moyen de les attirer vers les carrières scientifiques, ce qui serait alors un moyen d'augmenter les effectifs des filières scientifiques qui connaissent actuellement une baisse progressive et inquiétante.

V - LES INSTITUTS UNIVERSITAIRES PROFESSIONNALISÉS (IUP)

1 - IMPLANTATION, TYPOLOGIE

La création des IUP date de 1991. La spécialité, Génie mathématique et Informatique, apparaît explicitement en 1995.

Cependant, des IUP relevant des mathématiques existent depuis 1991. Il y a, à ce jour (début 2002), 7 IUP, Génie mathématique et Informatique, offerts par les universités relevant du champ de l'expertise.

Il s'agit des IUP de Paris IX (création en 1991), Grenoble I (en 1992) et de Marne-la-Vallée (en 1993), auxquels s'ajoutent en 1999, Lyon II, à dominante économique, Toulouse II à dominante informatique et Toulouse III qui vient de rouvrir en 2000, après fermeture et réorientation vers la statistique décisionnelle. Le dernier (Lille III) vient d'ouvrir à la rentrée 2000 ; il est orienté vers l'économie et la statistique. De façon générale, outre les mathématiques de base la première année, les MA enseignées sont essentiellement tournées vers la statistique, la modélisation et l'optimisation, mais le calcul scientifique et l'analyse numérique sont quasiment absents.

2 - RECRUTEMENT

L'effectif standard d'une promotion, en régime de croisière, est de 40. Ce sont des formations attractives vu le nombre important de candidats, comme cela est très souvent le cas pour toutes les filières à effectifs contingentés. Les candidats retenus viennent essentiellement de DEUG MIAS ou MASS ; finalement, peu d' étudiants en IUP ont fait un IUT auparavant, sauf à Lyon II où un quart des étudiants vient d'IUT, et très peu un BTS, contrairement à l'objectif initial qui était d'accueillir en deuxième année ce type d' étudiants. Enfin, contrairement aux obligations du cahier des charges, les possibilités de formation continue sont très peu présentes (sauf à Paris IX et Grenoble I, d'ailleurs IUP les plus anciens).

3 - CURSUS, THÉMATIQUES ABORDÉES

Le cursus standard comporte une part importante (20 à 45 %) d'informatique (dont l'apprentissage de logiciels), l'accent étant mis sur son utilisation pour les MA. Notons plus particulièrement que l'IUP de Grenoble I se consacre aux MA pour l'industrie et les sciences de l'ingénieur. Toulouse II relève davantage du génie informatique, les 5 autres IUP ont une forte connotation statistique avec application aux secteurs de la vente par correspondance et du crédit à la consommation à Lille III, à la finance et à l'économie à Lyon II et Paris IX, à l'optimisation et au codage à Marne-la-Vallée et aux outils de décision à Toulouse III.

L'enseignement d'une langue étrangère est également une obligation statutaire : quand cela est renseigné, l'horaire sur les trois ans varie de 240 à 300 heures, avec en particulier 36 heures à Lyon II pour préparer le TOEFL.

Le taux de réussite est de 95%, taux normal pour ce type de filière à effectifs contingentés.

4 - OUVERTURE SUR L'EXTÉRIEUR

L'obligation statutaire des stages dans ce type de formation est de 19 semaines sur les trois ans. Mais, dans la mesure où un stage d'une durée inférieure à trois mois n'est guère profitable, la plupart des IUP imposent des durées beaucoup plus longues (0 à 9 semaines la première année, 8 à 17 en seconde, 3 à 5 mois en troisième).

L'enseignement en alternance n'apparaît qu'à Toulouse II et la présence de professionnels pour l'enseignement (dont la part obligatoire minimale est de 25 % dans les textes) n'est pas soulignée par les experts, sauf à Lyon II où ils seraient très nombreux. Néanmoins, à Toulouse III, la plupart des enseignements sont assurés par des professionnels (beaucoup d'anciens étudiants, par exemple) mais, en contrepartie, le département de Mathématiques semble un peu désengagé.

Autres obligations. Les relations internationales sont peu perceptibles, et les liens avec la recherche ténus. Notons néanmoins l'IUP de Lyon II où l'Équipe de recherche en ingénierie des connaissances est en bonne interaction avec l'IUP et le DESS, et celui de Toulouse II où les relations avec les professionnels ont un impact tant sur la recherche que sur l'enseignement en général.

5 - DÉBOUCHÉS

Le suivi du devenir des étudiants ne semble pas mis en place. Ce dernier constat s'explique peut-être par le fait que les débouchés sont excellents, mais pas dans la vie active.

Si, à l'IUP de Paris IX, deux tiers des étudiants entrent directement dans la vie active, dans les autres (Marne-la-Vallée, Lyon II), ils vont en DESS ou DEA. La répartition à Grenoble I est d'un tiers vers la vie active, deux tiers vers un DESS. Les 3 autres IUP sont trop récents pour pouvoir parler de leurs débouchés. Ainsi, contrairement à l'objectif prioritaire annoncé dans le cahier des charges des IUP (Commission consultative nationale des IUP, en 1996), les IUP ne forment pas directement des responsables et cadres opérationnels dans le secteur des MA. En effet, la grande majorité des étudiants formés en IUP poursuit des études dans le cadre d'un troisième cycle, DESS de MA le plus souvent. Les débouchés directs dans la vie active sont trop peu nombreux. À titre d'exemple, notons que les IUP ne sont jamais cités par les employeurs dans l'enquête sur les débouchés complétant cette évaluation.

6 - CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

La création des IUP en 1995, puis la confirmation de la spécialité, Génie mathématique et informatique en 1995, ont ouvert une voie nouvelle aux mathématiques orientées vers les applications.

Le point fort de cette formation est de réussir la double mission de formation en connaissances théoriques et pratiques. Mais ce n'est pas une formation professionnalisante, ce qui la place actuellement en contradiction complète avec le cahier des charges des IUP établi par la Commission consultative nationale en mai 1996 : la formation professionnelle n'est pas considérée comme suffisante par les employeurs. Parallèlement, les étudiants

eux-mêmes se sentent insuffisamment préparés et préfèrent surseoir d'un an leur entrée dans la vie active après une année supplémentaire de formation. Il s'agit ainsi d'une assez bonne préparation à l'entrée en DESS, mais pas directement dans la vie active. On peut recommander des liens plus nets des équipes de recherche avec les formations de type professionnel, comme les IUP.

Si la formation à l'informatique, l'enseignement des langues, les stages en entreprise sont conformes au cahier des charges, on observe des anomalies importantes : les IUP ne sont pas un débouché pour les IUT et BTS, la mission de formation continue n'est pas remplie, le suivi des étudiants n'est pas assuré, l'enseignement en alternance n'apparaît que dans un IUP.

Dans le cadre de la structure 3/5/8 qu'il s'agit de mettre en place dans les universités, les formations telles les IUP vont devoir se repositionner. La question sera de savoir s'il faut les séparer en deux éléments : d'une part, les deux premières années constituant, avec une première année de DEUG, le nouveau premier cycle sanctionné par un diplôme terminal de licence ; d'autre part, la troisième année prolongée par un DESS, comme c'est déjà le cas en général actuellement.

On ne peut qu'approuver l'esprit de cette formation très liée aux entreprises, ne serait-ce que parce que ces dernières interviennent au moins dans la définition des cursus et l'accueil des stagiaires. Mais il est indispensable que le cahier des charges soit mieux respecté en ce sens, avec plus d'interventions directes de professionnels. Il reste qu'on peut s'interroger sur la pertinence d'un diplôme à bac+4 dans le secteur des MA compte tenu de l'étroitesse des débouchés correspondants (noter qu'il ne s'agit que de 7 IUP sur environ 323 en décembre 2001).

VI - LES DIPLÔMES D'ÉTUDES SUPÉRIEURES SPÉCIALISÉES (DESS)

1 - IMPLANTATION, TYPOLOGIE

Les 30 DESS de mathématiques appliquées sont répartis sur toute la France, avec seulement quatre DESS à Paris *intra muros*, et deux dans la petite couronne parisienne, situation inverse de celle des DEA qui, eux, se trouvent massivement à Paris. Depuis le début de l'évaluation, en 1999-2000, de nouveaux DESS ont été créés en région parisienne. La fermeture du DESS de Poitiers en 2000 a fait sortir ce DESS du champ de l'étude.

2 - RECRUTEMENT

Globalement, les DESS présentent un effectif de 632 étudiants. Ces étudiants étaient 404 en 1996, répartis dans 23 DESS. Il s'agit donc d'une formation très attractive pour les étudiants.

De plus, les candidatures sont nombreuses : plus de 100 en général et jusqu'à 200 ou 300 pour les plus grosses universités (ce qui correspond par ailleurs aux DESS les plus anciens) comme Paris, Rennes ou Grenoble. Les effectifs sont de 24 en moyenne, mais s'étalent de 7 à plus de 30.

Effectifs inscrits	10 et -	11 à 15	16 à 20	21 à 25	26 à 30	31 et +
Nombre de DESS	1	2	8	8	2	9

La mixité se présente de la façon suivante : il y a de 30 à 50 % de filles. Seuls 5 DESS ont moins de 20 % de filles, 12 de 30 à 40 %, 4 proches de 50 % et 6 ont plus de la moitié de filles (Lille III et Toulouse II, dont le DESS est le débouché naturel de la MASS, ainsi que Brest, Lille I, Rennes II et Versailles).

3 - CURSUS, THÉMATIQUES ABORDÉES

Les thèmes les plus fréquemment abordés sont les plus classiques de ceux offerts en mathématiques appliquées : mélange d'analyse numérique, de statistique, avec toujours une part importante d'informatique, sous forme d'enseignement de logiciels et d'outils le plus souvent. Seuls sept DESS prolongent le cursus d'une MASS (Paris I, Paris IX, Pau, Toulouse II, Rennes II, Lille III et Aix-Marseille I depuis peu) et ne semblent pas se détacher des autres en ce qui concerne leur thématique. Il y a 11 DESS "généralistes" (Aix-Marseille, Besançon, Chambéry, Paris XI, Évry, Lille I, Littoral, Le Mans, Nancy I, Orléans, Saint-Étienne, Toulouse III).

L'analyse est dominante à Pau, les mathématiques discrètes à Strasbourg, mais, en règle générale, les probabilités-statistique prédominent en DESS. Cependant, des sujets plus originaux sont à noter : finance et assurance sont en ce moment des sujets très porteurs et efficaces en termes de débouchés (Marne-la-Vallée, Le Mans, Lyon I, Paris IX, Évry, plus précisément actuariat à Brest et Strasbourg). Est-ce un phénomène de mode ou au contraire un besoin économique durable ? De façon générale, l'orientation scientifique des laboratoires auxquels le DESS est couplé induit sa coloration. Il s'agit d'utiliser les compétences acquises : ainsi en est-il du calcul scientifique (cité 4 fois), de l'optimisation ou du contrôle (2 fois), de la statistique (7 fois), des probabilités (4 fois). Un sujet très particulier est enseigné à Toulouse II : la communication homme-machine ; de même, on note la modélisation pour l'entreprise à Lille III, les techniques de décision dans l'entreprise à Paris I, l'aide à la décision à Nancy, l'imagerie et son utilisation en biostatistique à Grenoble I, Système d'information géographique (SIG) et le *data mining* à Pau, la géologie à Saint-Étienne, la cryptographie et le calcul formel, le parallélisme et les réseaux dans le DESS Mathématiques discrètes de Strasbourg, le traitement du signal à l'Université du Littoral. Dans ces derniers cas, il s'agit de thèmes directement issus de la recherche ; on a là des cas de retombées réellement positives de la recherche sur l'enseignement.

L'enseignement d'une langue étrangère, quand il existe, est toujours celui de l'anglais. Son horaire se répartit comme suit :

Nombre d'heures d'anglais par an	0	20	24	25 à 30	35 à 45	60 et +	Non réponse
Nombre de DESS	7	1	1	11	4	5	1

La formation à l'informatique est en général très bonne :

Formation à l'informatique	Excellente	Très bonne	Normale	Insuffisante	Très insuffisante
Nombre de DESS	5	16	9	0	0

L'articulation de l'informatique avec le reste de la formation est cotée :

Articulation de l'informatique	Excellente	Très bonne	Normale	Insuffisante	Très insuffisante
Nombre de DESS	5	15	10	0	0

Disciplines d'ouverture. Les disciplines ainsi qualifiées ici sont souvent tournées vers l'économie quand elles existent : connaissance de l'entreprise (Rennes II, Lille I, Littoral, Pau), économie (10), gestion (9), finance (5) ; il faut noter les études de cas et la modélisation dans 6 DESS (Marne-la-Vallée, Lille III, Paris I, Lyon I, Littoral, Bordeaux I), la mécanique est citée 5 fois (Toulouse III, Grenoble I, Chambéry, Paris VI, Nancy I), la géostatistique une fois (Pau). Noter aussi : actuariat (Strasbourg, Le Mans), biostatistique (Grenoble I), marketing (Lille I, Lyon II), gestion de la qualité (Lyon II, Toulouse II), codage (Paris XI), chimie de l'environnement (Saint-Étienne).

Taux de réussite. Il est en général de 100 % : les seuls échecs sont dus à des problèmes très particuliers et tout à fait marginaux.

4 - OUVERTURE SUR L'EXTÉRIEUR

Projets. Seuls deux DESS ne proposent pas de projets. Ceux-ci sont cotés :

Projets	Excellents	Très bons	Normaux	Insuffisants	Très insuffisants
Nombre de DESS	0	13	14	1	2

Il y a des formations particulièrement originales où ces projets sont des études de cas proposés par les entreprises partenaires (Lille III ou de Marne-la-Vallée, par exemple).

Stages. Les stages sont statutairement obligatoires et leur durée varie de 2 à 6 mois. Les stages de 6 mois sont un optimum, difficile à atteindre dans la mesure où la législation impose la fin de la formation au 30 septembre, mais trois mois sont tout à fait insuffisants pour une réelle efficacité dans l'entreprise.

Stages : durée en mois	2 ou 3	4	+ de 4 à - de 6	6
Nombre de DESS	7	9	12	2

Une autre façon d'obtenir des formations efficaces et porteuses est d'utiliser le contexte régional. Celui-ci ne s'y prête pas forcément, mais là où le lien est fait, cela mérite d'être souligné. Ainsi, à Toulouse II est utilisée la proximité de Siemens et de l'Aérospatiale (tant pour le DESS que pour le laboratoire) ; à Lille III sont exploités les besoins d'étude des firmes de vente par correspondance et des organismes de crédit ; au Mans ; ceux des Mutuelles du Mans ; à Pau, la présence de l'IFP et d'Elf a des retombées intéressantes ; Bordeaux a des liens tant avec les entreprises qu'avec les collectivités locales ; Besançon bénéficie de la proximité des industries helvétiques. La région parisienne est évidemment privilégiée par la présence des services de recherche des banques dans la capitale, d'où des possibilités de stage et d'embauche en milieu financier.

Quant aux interventions de professionnels dans le cursus, il en existe presque partout (sauf dans 6 DESS), mais de manières très diverses : de quelques conférences ponctuelles (6 fois) à un enseignement structuré (70h, un tiers du cursus, études de cas....) par exemple dispensé par un PAST, voire deux comme à Grenoble I.

La possibilité de formation continue est extrêmement rare : signalée à trois reprises, elle concerne quelques cas isolés de formation de personnels sur demande de leur entreprise.

5 - DÉBOUCHÉS

Les débouchés sont considérés comme excellents (6), très bons (10) ou normaux (3) pour les cas renseignés. De fait, les étudiants trouvent tous (en ce moment) rapidement du travail en entreprise. Ceci dit, un réel suivi du devenir des étudiants n'est assuré que dans 12 cas sur 27, souvent par l'association des anciens étudiants qui existe dans 18 des DESS. Ce sont elles aussi qui aident à l'insertion (5 fois) par un carnet d'adresses. Un tel carnet est néanmoins fourni par la formation dans deux DESS, l'un par le soin d'une secrétaire et l'autre via le site Web. Mais la plupart des responsables jugent cette aide inutile tant est grande la facilité des étudiants à trouver un emploi.

6 - CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Les DESS jouent pleinement le rôle qui leur a été assigné : il s'agit d'une formation professionnelle qui assure d'excellents débouchés aux titulaires du diplôme. L'attractivité est réellement excellente et la diversité des thèmes assez large. Les débouchés sont nombreux, variés et intéressants pour le moment. Des exemples de métiers exercés par des diplômés du DESS figurent dans l'étude complémentaire sur les débouchés. Ce succès semble assuré par plusieurs facteurs. D'abord, la formation est polyvalente : mathématiques appliquées, et informatique ; cette polyvalence est accentuée lorsqu'une spécialisation supplémentaire est offerte. Ensuite, les meilleures capacités d'autonomie des étudiants universitaires leur donnent un avantage sur les élèves de grandes écoles. De plus, les étudiants bénéficient d'un enseignement plus conséquent en informatique que dans les écoles d'ingénieurs : c'est un atout capital qui est souvent décisif à l'embauche. Ainsi, les DESS ont-ils trouvé un créneau spécifique auprès des entreprises.

Néanmoins, ce succès n'excuse pas l'absence trop fréquente de suivi de l'avenir des étudiants. Cette absence s'explique par la lourdeur de la tâche : quand elle est effectuée, elle est le fait du responsable du DESS qui devrait être soutenu par du personnel administratif. Elle s'explique sans doute aussi par un manque de motivation de la part des enseignants, qui ne considèrent pas ce travail comme relevant de leur mission. Il y a sur ce chapitre un effort sérieux à fournir de la part des universités.

On peut souhaiter des projets plus systématiques, et réalisés en lien avec les entreprises, de même qu'il serait intéressant que davantage de professionnels interviennent dans la formation de façon moins ponctuelle : seulement 12 des 29 DESS font appel à des professionnels pour des cursus structurés. De plus, les stages devraient être impérativement d'une durée d'au moins 4 mois pour une réelle efficacité de la formation apportée à l'étudiant par le stage.

Il est dommage que la formation continue soit si peu présente : elle serait à fortement encourager, en parallèle avec l'intervention de professionnels. Dans le même esprit, le contexte régional pourrait être plus exploité et les activités de recherche davantage réinvesties dans cet enseignement professionnel. Il semble, à la suite de l'enquête sur les débouchés, qu'il y ait un besoin de formation en statistique et probabilités, notamment en biostatistique.

Enfin, bien que 18 des DESS aient une association d'anciens, ces associations devraient jouer un rôle plus important, à la fois pour fournir des carnets d'adresses, tant pour les stages que pour les offres d'emploi, et pour établir des liens durables avec entreprises et professionnels. Ces associations devraient être systématiques, et soutenues dans leur logistique par l'université. En effet, la remarque est souvent faite que c'est souvent l'association qui fait la force d'une école, parfois même plus que la qualité de son enseignement. La qualité de l'enseignement en DESS est bonne, voire très bonne. Cette qualité n'est pas très lisible à l'extérieur de l'université : cette lisibilité serait avantageusement accrue par le biais des associations d'anciens étudiants.

VII - LES DIPLÔMES D'ÉTUDES APPROFONDIES (DEA)

1 - IMPLANTATION, TYPOLOGIE

Il y avait 61 DEA de mathématiques recensés en France en 1999-2000. Avant de procéder à l'évaluation, il a été demandé aux directeurs de DEA dont l'intitulé était ambigu s'ils le considéraient ou non comme relevant des mathématiques appliquées et, de ce fait, sur les 61 DEA, 38 ont été expertisés dans le cadre de l'évaluation des mathématiques appliquées. Douze d'entre eux sont situés dans Paris intra muros et représentent près de la moitié des effectifs nationaux.

2 - RECRUTEMENT

Les effectifs sont stables sur la période 1996-1999 : 856 étudiants inscrits en 1996, 844 en 1999. Il semblerait qu'il y ait, depuis, une tendance à la baisse. Le ratio "inscrits/candidatures" varie de 11 % à 57 %, si l'on exceptе 73 % pour un DEA co-habilité avec l'École polytechnique et l'ENS. Les effectifs sont de 24 en moyenne, mais s'étalent de moins de 5 à plus de 40 (avec les exceptions de Paris VI : deux des DEA ont respectivement 71 et 98 étudiants).

Effectifs inscrits	Moins de 5	6 à 10	11 à 15	16 à 20	21 à 25	26 à 30	31 à 33	40 et +	Non réponse
Nombre de DEA	4	8	6	7	3	2	2	4	2

La mixité se présente de la façon suivante : il y a de 0 % à 37 % de filles, 18 % en moyenne.

Le pourcentage d'étrangers est en moyenne de 25 %, de façon relativement uniforme.

L'attractivité des DEA est extrêmement disparate :

Attractivité	Excellente	Très bonne	Normale	Insuffisante	Très insuffisante
Nombre de DEA	2	14	9	9	4

Et nombreux sont les petits DEA "vivotant" péniblement.

3 - CURSUS, THÉMATIQUES ABORDÉES

À la question sur l'originalité de la formation, les experts ont noté "rien à signaler" dans 21 cas sur 38. La plupart des DEA de province sont pluridisciplinaires, offrant le standard des mathématiques appliquées : mélange d'analyse numérique et de probabilités, avec très peu d'informatique en général, en utilisant les compétences locales, bien sûr. Mais il faut noter la cryptographie à Limoges, la statistique appliquée au génome à Rouen. Sinon, les réelles originalités ne se trouvent qu'à Paris et, dans ces cas, ces DEA jouent davantage un rôle de DESS, comme le DEA de Paris I+Paris VII, la filière finance du DEA de probabilités de Paris VI (nombreux débouchés en finance), Paris I avec optimisation et économie d'entreprise, Paris IX (statistique) avec de l'économétrie, Paris VI (optimisation) et Paris VI (statistique). Moins professionnels, mais de profil précis, sont les DEA de Paris VII (informatique et logique), Paris VI, Versailles (physique) et Paris IX, qui offre deux DEA précisément dédiés à l'analyse.

L'enseignement de disciplines non mathématiques. On peut dire que celles-ci sont quasi inexistantes. Il n'y en a pas du tout dans 10 DEA.

Il y a 3 DEA avec de la mécanique ou de la physique (Nice, Montpellier II, Paris VI-Versailles), 4 avec de la finance, (Paris I optimisation, Paris VI probabilités, Paris VI optimisation, Paris I-Paris VII), de la bio-statistique à Montpellier, la cryptographie à Limoges, et l'informatique est présente dans 11 DEA, mais, la plupart du temps, il s'agit d'enseignements optionnels :

Nombre d'heures d'informatique par an	0	18	30	36	40	50	70-78	90	Non réponse
Nombre de DEA	25	1	3	1	2	1	2	1	2

L'enseignement des langues est assez peu présent. On note cependant : 23 heures à Poitiers, 30 heures à Pau, 36 heures à Limoges.

Les taux de réussite. Le taux de réussite est de 66 % en moyenne, mais il est très hétérogène : de moins de 25 % à 100 % ! Il est plus significatif à Paris, où les effectifs sont conséquents : de 43 % à 74 %.

La poursuite en thèse. Pourcentage de diplômés ayant poursuivi en thèse :

Pourcentage	Moins de 20	21 à 30	31 à 40	41 à 50	Plus de 60	Non réponse
Nombre de DEA	3	5	4	10	13	3

De fait, ces pourcentages sont difficiles à interpréter : dans de nombreux cas, le nombre de diplômés est très faible.

Nombre total de diplômés en 1998 et 1999 (sur 2 ans) :

Nombre de diplômés	Moins de 5	6 à 10	11 à 20	21 à 30	31 à 49	Plus de 50	Non réponse
Nombre de DEA	3	2	11	7	7	5	3

Nombre d'entrées dans la vie active sur deux ans :

Effectif	0	1 à 5	6 à 10	11 à 15	16 à 20	21 à 33	73	Non réponse
Nombre de DEA	2	13	7	4	2	2	1	7

L'entrée dans la vie active est assez négligeable, sauf bien sûr pour les DEA qui jouent le rôle de DESS, mais, en général, ceux-ci n'assurent pas le suivi de leurs étudiants, comme le montre le nombre de non réponses de ce dernier tableau.

4 - OUVERTURE SUR L'EXTÉRIEUR

Les stages extérieurs au laboratoire sont assez rares. Ils n'existent pas dans 12 DEA Lyon I, Montpellier II, Nantes, Nice, Orléans-Tours, Paris I (optimisation), Paris I-Paris VII, Paris IX (analyse et MAI), Poitiers, Reims, Paris VI (analyse numérique). On note des réponses comme "parfois" ou "un peu" à Besançon, Clermont-Ferrand (anciens de l'école CUST), Lille I, Metz, Nancy I, Paris XI (statistique), Paris XI (EDP).

Entre un quart et la moitié des stages ont lieu à l'extérieur à Aix Marseille I, Marne-la-Vallée, Paris IX (sciences économiques), Pau, Rennes I (IFREMER, INRA, CNET…) , Toulouse III (laboratoires extérieurs et entreprise). Presque tous ont lieu à l'extérieur à Bordeaux I (CEA, ONERA, IFP, EDF…), Versailles, Limoges (entreprises), Paris VI optimisation (entreprises), Paris VI probabilités-finances (banques, assurances), Paris VI statistique (entreprises), Paris VI analyse numérique.

5 - CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Il est difficile de tirer des conclusions générales sur un ensemble aussi disparate de formations. Quoi de commun, en effet, entre un "petit" DEA de province, co-habilité sur deux universités, tournant péniblement autour de 5 à 12 inscrits, et les "gros bataillons" parisiens qui présentent parfois de 70 à 90 inscrits ? Certains de ces DEA jouent d'ailleurs le rôle de DESS. Il en est ainsi, par exemple, de la filière finance du DEA probabilités de Paris VI dont la finalité est essentiellement professionnelle, tout en préservant l'acquis d'une réputation internationale en restant au sein d'un DEA prestigieux. Cette filière a su profiter d'un domaine où la demande est très forte. Il est difficile de dire à l'heure actuelle s'il s'agit d'un engouement passager ou d'un développement durable des techniques probabilistes dans le monde financier. Pour les autres DEA à visées professionnelles, les renseignements sur le devenir des étudiants sont insuffisants : le suivi du devenir des étudiants n'est guère répandu dans les universités et il faut le regretter fortement. Les réponses obtenues pour connaître l'importance des entrées dans la vie active sont trop fragmentaires.

Le taux de réussite moyen (66 %) est déjà faible, descendant même parfois à moins de 25 %, ce qui est inacceptable à ce niveau de formation.

On constate que les enseignements sont essentiellement de nature fondamentale, et ceci limite l'orientation vers les applications et les mathématiques appliquées qui leur font suite. On pourrait encourager l'introduction de la formation à la modélisation et outils associés. On pourrait être tenté de conseiller la suppression de certains DEA dont les effectifs sont au dessous d'une certaine limite. Mais les choses ne sont pas si simples : il entre dans les missions des enseignants-chercheurs de former de nouveaux jeunes chercheurs. Les universitaires en poste dans de petites universités n'auraient ainsi plus d'occasions d'encadrer des thèses, et ce métier exige, pour une bonne qualité de l'enseignement, fût-il en premier cycle, des enseignants qui soient en même temps des chercheurs. De plus, cet inconvénient est maintenant réduit par l'insertion de tous les DEA dans une école doctorale.

LES FORMATIONS SUPÉRIEURES EN MATHÉMATIQUES ORIENTÉES VERS LES APPLICATIONS

ÉTUDE COMPLÉMENTAIRE 1

LES MATHÉMATIQUES DANS LES ÉCOLES D'INGÉNIEURS,

QUELQUES AUTRES GRANDES ÉCOLES ET INSTITUTS UNIVERSITAIRES

PRÉAMBULE

Ce chapitre est structuré autour de deux parties.

Dans une 1ère partie, un regard est porté sur les enseignements de mathématiques dans les écoles d'ingénieurs. On s'intéresse à la nature de ces enseignements, à leurs forces et faiblesses.

Tous les secteurs d'activité scientifique, technologique, financière et de gestion s'appuient aujourd'hui sur la puissance toujours croissante des ordinateurs et des logiciels qui les accompagnent : des outils mathématiques de plus en plus complexes s'introduisent ainsi, via l'informatique, dans les entreprises de toutes natures.

Cette tendance générale, qui va en s'accélérant, requiert une évolution correspondante de la formation des ingénieurs. C'est pourquoi il a été considéré comme nécessaire de compléter l'évaluation des filières universitaires en "mathématiques appliquées" par une observation, de nature statistique, de l'enseignement mathématique dans les formations d'ingénieurs. 225 écoles d'ingénieurs sont reconnues par la Commission des titres d'ingénieur et offrent des parcours extrêmement diversifiés : certaines sont orientées vers la mécanique, la physique ou l'informatique, d'autres vers la biologie, l'agriculture ou l'armée, et même, parmi elles, une petite dizaine offre des filières spécialisées en mathématiques appliquées bien identifiées. Toutes ces spécialités utilisent beaucoup les mathématiques comme outil de travail.

Compte tenu de la diversité des écoles, l'objectif retenu a été d'apprécier globalement par voie d'enquête l'importance des mathématiques dans ces formations. Il est également apparu pertinent d'examiner les liens entre cet enseignement et l'informatique, en raison notamment du développement de la simulation numérique, précédant ou même remplaçant de plus en plus l'expérimentation dans le métier de l'ingénieur en raison de son moindre coût.

Une deuxième partie présente un éclairage sur quelques écoles qui offrent de solides formations en mathématiques appliquées. On trouve des écoles d'ingénieurs, quelques autres écoles ne relevant pas de la Commission des titres d'ingénieur comme 3 des ENS, l'ENSAE, l'ENSAI, ainsi que des instituts universitaires (ISUP, IFSA). Notons que certaines écoles d'ingénieurs sont, en fait, des formations universitaires d'ingénieurs : les experts du CNE en ont rencontré les responsables à l'occasion de l'évaluation des filières académiques ; il a été demandé à ces experts de noter leurs observations sur la situation des mathématiques dans ces établissements.

Aucune des trois universités de technologie n'a apporté de contribution à cette analyse (sauf l'Université de Compiègne dont les mathématiciens ont fait parvenir une réponse au questionnaire, mais trop tardivement pour être prise en compte).

I - ANALYSE GLOBALE DE L'ENSEIGNEMENT DES MATHÉMATIQUES DANS LES ÉCOLES D'INGÉNIEURS

1 - LA MÉTHODE

L'envoi de questionnaires aux écoles. Des questionnaires portant sur l'enseignement des mathématiques et de l'informatique dans les écoles d'ingénieurs ont été préparés au CNE et envoyés aux 225 établissements concernés avec le concours du Bureau des écoles d'ingénieurs à la Direction de l'Enseignement supérieur ; ce bureau assure aussi le secrétariat de la Commission des titres d'ingénieur.

Les informations ont été demandées en janvier 2000 et les derniers retours ont été reçus en juin 2000 ; une relance pour vérifier les réponses a eu lieu en novembre 2000.

Le repérage des filières distinctes dans les écoles. Parmi ces établissements, treize sont des écoles de spécialisation où la durée de la scolarité, très spécifique, est d'un an. Ils ne font pas partie explicitement du champ de l'enquête.

Les 212 autres écoles offrent environ 300 filières distinctes. Souvent, la scolarité comporte un tronc commun sur lequel se greffent des options ; la première année est en général commune à toute la promotion, et les filières apparaissent à partir de la seconde ou de la troisième année. Parfois, l'enseignement est organisé très librement en unités de valeur et l'année est validée lorsqu'un certain nombre d'unités à été obtenu.

Enfin, une formation peut recevoir un nom identique dans deux sites distincts et se dérouler selon deux cursus très différents, ce qui complique les analyses. Cette grande variété n'a été que partiellement cernée par le questionnaire et par les enseignants qui les ont remplis.

Parmi les 300 filières que l'on peut recenser, 291 ont été renseignées par les écoles. Dans les réponses à l'enquête, une partie des informations s'est avérée trop incomplète et n'a pu être exploitée pour les raisons expliquées plus haut.

Par souci d'homogénéité, il a été convenu de ne garder dans l'étude (sauf l'École de l'Air de Salon-de-Provence et l'École polytechnique) que les filières dont le total annuel des heures annoncées en 1ère année était supérieur à 500 h ; cela représente en tout 173 filières.

Le regroupement des filières autour de spécialités. Les écoles offrant souvent des filières hétérogènes avec des intitulés variés, on a classé les filières repérées dans les différentes écoles à l'intérieur de 15 spécialités nommées ci-après.

Spécialité de la filière	Nombre de filières
Mathématiques	6
Informatique	13
Informatique et mathématiques	5
Mécanique, génie mécanique, thermique	12
Électronique, électrotechnique, automatique, génie électrique	33
Électromécanique, mécatronique	3
Génie des procédés	25

Spécialité de la filière	Nombre de filières
Informatique de réseaux, communication, traitement du signal	18
Photonique, optronique	2
Génie physique, aéronautique, espace	5
Chimie, génie chimique, matériaux	20
Génie biologique	6
Agriculture, agronomie, environnement	8
Génie civil, sciences de la terre, mines	11
Armée	6
TOTAL	**173**

Difficultés rencontrées par rapport au regroupement. Notons que pour le traitement statistique des effectifs d'enseignants (on se reportera au paragraphe 5 suivant), nous n'avons pas pu adopter le regroupement ci-dessus et ce, essentiellement pour deux raisons :

- d'abord un enseignant pouvant effectuer son service dans différentes filières, il a été nécessaire de créer une ligne appelée "pluridisciplinaire" à l'intention de ceux que l'on ne pouvait manifestement pas affecter à une filière homogène ;
- ensuite, certaines des catégories ci-dessus correspondent à des effectifs trop réduits, ce qui aurait nuit à la lecture des chiffres.

Nous avons donc adopté un regroupement différent pour les filières en réduisant leur nombre. De 173 filières, on est passé à 143 filières pour lesquelles les informations recueillies sur les enseignants étaient exploitables. Ceci a permis de dessiner un profil des personnels dans les écoles d'ingénieurs (on se reportera au tableau du paragraphe I-5).

Enfin, les enseignements par unité de valeur n'ont pas été présentés ici faute d'un nombre suffisant de réponses obtenues dans chaque spécialité.

2 - LES PRINCIPAUX RÉSULTATS

L'enseignement des mathématiques et de l'informatique dans le tronc commun

Les mathématiques. Globalement, l'enseignement des mathématiques reste important en première année des écoles d'ingénieurs puisque le nombre moyen d'heures représente 16% du total des cours, mais ce pourcentage tombe à 10% en seconde année et à 6% en troisième année.

L'informatique. L'enseignement de l'informatique est un peu plus faible en première année avec 15,5% du total des heures de cours, mais il se maintient à 16% en seconde année et s'élève à 20% en troisième année.

Nombre moyen d'heures du tronc commun	1ère année	2ème année	3ème année
En mathématiques	144	74	19
En informatique	141	120	67
Toutes disciplines	911	742	335
Nombre moyen d'étudiants par année	87	80	71

L'enseignement des mathématiques et de l'informatique en option. Si le nombre d'heures optionnelles offertes en mathématiques est appréciable en 2e et 3e années, en revanche le nombre d'étudiants intéressés reste très faible, indépendamment des inévitables effets d'échelle associés à la petite taille de certains groupes.

Nombre moyen d'heures en option	1ère année	2ème année	3ème année
En mathématiques	3	12	29
En informatique	4	14	43
Toutes disciplines	17	69	138
Nombre moyen d'étudiants qui suivent des options mathématiques	2	6	5

3 - INFLUENCE DE LA SPÉCIALITÉ DE LA FILIÈRE SUR L'ENSEIGNEMENT DES MATHÉMATIQUES ET DE L'INFORMATIQUE

Les moyennes ci-dessus cachent de grandes disparités entre les filières, comme le montre le tableau suivant :

Nombre moyen d'heures du tronc commun	Mathématiques			Informatique			Toutes disciplines		
Spécialité de la filière	*Année 1*	*Année 2*	*Année 3*	*Année 1*	*Année 2*	*Année 3*	*Année 1*	*Année 2*	*Année 3*
Mathématiques	372	294	81	226	147	73	1095	868	371
Informatique	215	105	39	440	480	394	1032	870	597
Informatique et mathématiques	289	267	71	343	302	87	975	739	391
Mécanique, génie mécanique, thermique	145	53	2	67	59	19	973	765	227
Électronique, électrotechnique, automatique, génie électrique	133	69	20	146	116	69	857	738	313
Électromécanique, mécatronique	123	17	0	82	58	50	868	395	150
Génie des procédés	125	59	8	77	66	22	894	743	291
Informatique réseaux, communication, traitement du signal	169	70	24	235	194	113	897	657	277
Photonique, optronique	136	94	20	116	102	40	957	964	448
Génie physique, aéronautique, espace	119	66	20	86	78	8	872	844	463
Chimie, génie chimique, matériaux	70	28	19	59	28	9	953	730	433
Génie biologique	87	21	5	64	41	16	996	593	335
Agriculture, agronomie, environnement	82	43	2	56	17	0	873	749	276
Génie civil, sciences de la terre, mines	141	76	5	57	53	0	910	770	283
Armée	117	47	10	36	28	6	564	710	184

On repère un premier groupe de spécialités dans lequel l'ensemble mathématiques-informatique représente sensiblement un tiers de l'enseignement. Il s'agit de mathématiques, d'informatique et, à un degré moindre, d'informatique des réseaux-communication.

Dans les autres spécialités, la part des mathématiques n'atteint pas 10%. C'est notamment le cas des filières orientées vers la chimie ou la biologie.

En informatique, les disparités sont encore plus grandes et l'on souligne la faiblesse de l'enseignement informatique dans des filières où le développement des simulations informatiques est particulièrement important, comme en génie physique, aéronautique et espace, ou encore en mécanique, génie mécanique, thermique.

4 - DISCIPLINES MATHÉMATIQUES ENSEIGNÉES

La question se pose de savoir quelle est la nature des mathématiques enseignées : mathématiques de base dans le prolongement des mathématiques spéciales enseignées en classe préparatoire, ou mathématiques orientées vers les applications et les simulations informatiques ? Du tableau suivant, se dégagent des éléments de réponses.

La répartition du nombre moyen d'heures équivalent travaux dirigés (EQTD) de mathématiques par spécialité de filière, y compris les options, selon les grandes disciplines de mathématiques et de mathématiques appliquées se présente ainsi :

Spécialité de la filière	Maths de base	Analyse numérique calcul scientifique	Traitement du signal	Probalités et statistique	Maths discrètes	Optimisation contrôle	Autres Maths	Total Maths
Mathématiques	285	334	132	231	66	92	64	**1204**
Informatique	73	53	135	64	34	60	29	**448**
Informatique et mathématiques	165	172	46	182	56	80	0	**701**
Mécanique, génie mécanique, thermique	88	77	31	47	13	9	10	**0**
Électronique, électrotechnique, automatique et génie électrique	72	46	144	40	7	24	26	**359**
Électromécanique, mécatronique	50	33	174	34	40	14	13	**358**
Génie des procédés	66	50	77	46	6	18	8	**271**
Informatique réseaux, communication, traitement du signal	64	30	90	77	42	31	20	**354**
Photonique, optronique	59	22	102	63	0	0	56	**302**
Génie physique, aéronautique, espace	95	57	99	59	0	1	4	**0**
Chimie, génie chimique, matériaux	44	27	71	42	4	26	13	**227**
Génie biologique	42	26	19	54	0	4	6	**151**
Agriculture, agronomie, environnement	61	21	20	135	9	0	14	**0**
Génie civil, sciences de la terre, mines	71	94	30	95	29	21	17	**357**
Armée	371	50	84	167	16	25	9	**722**
MOYENNE - TOUTES DISCIPLINES	**87**	**60**	**88**	**71**	**18**	**27**	**19**	**370**

Le profil des enseignements toutes spécialités confondues. Si l'on considère le nombre moyen d'heures (EQTD) de mathématiques selon les grandes disciplines de mathématiques, on constate que, globalement, les outils mathématiques de base représentent le quart des enseignements.

Le traitement du signal représente aussi le quart des enseignements. Viennent ensuite les probabilités et la statistique avec 19%, le calcul scientifique avec 16%. Les mathématiques discrètes et l'optimisation restent peu enseignées : elles ne représentent ensemble que 12% du total.

Le profil des enseignements par spécialité

Les filières mathématiques, informatique enseignent beaucoup de mathématiques, et souvent un large spectre des mathématiques appliquées, avec une dominante en analyse numérique et calcul scientifique. Il faut noter une restriction concernant les filières spécialisées en informatique, qui sont un peu moins préoccupées par les mathématiques de base et l'analyse numérique.

La filière de la spécialité "Armée" offre une formation très importante en mathématique de base ; marquée par le poids de l'école polytechnique, elle pourrait se rattacher à ce groupe.

Les filières relevant de la physique, (électronique, électrotechnique, automatique, génie électrique, électromécanique, mécatronique, génie des procédés généralistes, informatique des réseaux, communication, traitement du signal, photonique, optronique, génie physique, aéronautique, espace) présentent une dominante en automatique et traitement du signal (qui peut atteindre 50% de l'enseignement des mathématiques) suivi par un enseignement de mathématiques de base (un peu plus de 20%).

La filière mécanique, génie mécanique, thermique est l'une de celles où l'enseignement mathématique est des plus réduits et aussi le plus orienté vers les mathématiques de base et le calcul scientifique, (EDP), conformément à une tradition des écoles de mécanique.

Les filières relevant de la chimie, des sciences de la terre ou de la biologie (chimie, génie chimique, matériaux, génie biologique, agriculture, agronomie, environnement, génie civil, sciences de la terre, mines) se caractérisent par l'importance de l'enseignement des probabilités et de la statistique, particulièrement utiles dans ces domaines.

5 - LES ENSEIGNANTS

Comme nous l'avons expliqué au paragraphe 1, nous avons procédé à un regroupement un peu différent des filières pour mettre en évidence les statistiques sur les enseignants. Le tableau ci-après présente le détail du nombre de catégories de filières regroupées.

Spécialités regroupées	Nombre de filières
Informatique, mathématiques = Mathématiques + Informatique + Informatique et mathématiques	13
Mécanique, électromécanique = Mécanique, génie mécanique, thermique + Électromécanique, mécatronique	9
Électronique, automatique, photonique = Électronique, électrotechnique, automatique, génie électrique + Photonique, optronique	20
Informatique de réseaux, communication, traitement du signal	9
Armée, aéronautique, espace = Armée + Génie physique, aéronautique, espace	7
Chimie, matériaux, procédés = Génie des procédés + Chimie, génie chimique, matériaux	28
Génie biologique, génie civil = Génie biologique + Agriculture, agronomie, environnement + Génie civil, sciences de la terre, mines	12
Pluridisciplinaire	45
TOTAL	**143**

Effectifs en postes par statut et spécialité

Spécialités regroupées	25e section	26e section	27e section	Autres sections	2nd degré	Ingénieurs	ATER	Autres	Total
Informatique, mathématiques	2	19	14	10	3	1	4	2	**55**
Mécanique, électromécanique	0	5	3	31	3	0	5	6	**53**
Électronique, automatique, photonique	0	2	0	11	2	7	1	2	**25**
Informatique réseaux, communication, traitement du signal	0	0	4	7	18	0	1	0	**0**
Armée, aéronautique, espace	2	0	6	6	1	6	0	2	**23**
Chimie, matériaux, procédés	5	7	7	34	9	0	2	4	**68**
Génie biologique, génie civil	0	1	1	21	3	3	0	0	**29**
Pluridisciplinaire	3	38	11	24	4	0	4	1	**85**
TOTAL	**12**	**72**	**46**	**144**	**43**	**17**	**17**	**17**	**338**

Ce tableau montre que les mathématiques sont enseignées dans les écoles d'ingénieurs principalement par des professeurs issus d'autres spécialités que les mathématiques.

Ceci est confirmé par les commentaires relevés fréquemment sur les réponses aux questionnaires indiquant, par exemple, que le professeur de théorie du signal commence son cours par des rappels mathématiques indispensables à la compréhension de sa discipline. Les enseignants universitaires mathématiciens (25e et 26e sections), représentent moins du quart du total des intervenants.

Effectifs extérieurs ou vacataires par statut et spécialité

Spécialités regroupées	25e section	26e section	27e section	Autres sections	2nd degré	Ingénieurs	ATER	Autres	Total
Informatique, mathématiques	1	25	5	9	3	4	2	9	**58**
Mécanique, électromécanique	1	4	0	19	0	1	1	27	**53**
Électronique, automatique, photonique	0	1	0	12	9	22	2	2	**48**
Informatique réseaux, communication, traitement du signal	3	0	0	0	0	1	0	0	**0**
Armée, aéronautique, espace	0	0	0	4	0	2	0	3	**9**
Chimie, matériaux, procédés	7	2	2	8	7	5	1	5	**37**
Génie biologique, génie civil	0	3	0	4	0	0	0	3	**10**
Pluridisciplinaire	3	5	0	4	1	1	0	0	**14**
TOTAL	**15**	**40**	**7**	**60**	**20**	**36**	**6**	**49**	**229**

Ce tableau montre des tendances semblables à celles du tableau précédent. Les enseignants universitaires mathématiciens (25e et 26e sections) qui interviennent en vacation représentent moins du quart total des intervenants.

Par ailleurs, les ingénieurs représentent 15% des effectifs extérieurs en écoles d'ingénieurs et, sur un total de 567 enseignants en écoles d'ingénieurs (effectifs en postes et effectifs extérieurs), 40% sont des enseignants extérieurs ou vacataires.

6 - LA RECHERCHE EN MATHÉMATIQUES APPLIQUÉES

La recherche en mathématiques appliquées est en général assez réduite et peu structurée dans les écoles d'ingénieurs, sauf dans un petit nombre d'entre elles.

Environ 75% des écoles ne mentionnent pas de laboratoire d'accueil ; 15% indiquent que moins de 5 mathématiciens font une recherche en laboratoire et 10% environ peuvent affirmer que plus de 5 mathématiciens font une recherche en laboratoire.

La recherche se situe surtout là où existe une filière de formation en mathématiques appliquées et dans les écoles rattachées à des universités ; ailleurs, elle se limite au mieux à une activité individuelle.

Les enseignants-chercheurs permanents d'une école motivés par la recherche se dispersent dans différentes équipes des universités voisines et le potentiel sur place reste réduit.

7 - SYNTHÈSE DE CES OBSERVATIONS

L'enseignement des mathématiques semble bénéficier d'un volume d'heures globalement satisfaisant, sauf peut-être dans les filières spécialisées en mécanique ou en informatique des réseaux. Toutefois, peu d'écoles envisagent un accroissement ou une réforme de cet enseignement.

Cet enseignement reste très centré sur les mathématiques de base et le traitement du signal : majoritairement inspiré par l'esprit des classes préparatoires, il pourrait s'ouvrir davantage aux applications, en faisant une plus grande place aux mathématiques discrètes et à l'optimisation.

La répartition des enseignants de mathématiques montre qu'une part importante de cet enseignement est assurée par des non spécialistes mathématiciens. Elle est considéré à la fois comme une force et une faiblesse. Une force si l'utilité de l'outil mathématique est présentée dans le cadre d'une application motivante, une faiblesse si sa présentation ne relève que de la recette toute faite et ne permet pas de dégager les principes et les limites de la modélisation sous-jacente.

La proportion d'enseignants du second degré ainsi que la forte présence de non mathématiciens ne favorisent pas le développement de la recherche. Les mathématiques appliquées sont précisément dans des sites où elle devrait naturellement s'épanouir. Le dynamisme des formations en mathématiques serait certainement renforcé si celles-ci parvenaient à accueillir un plus grand nombre de mathématiciens professionnels de l'enseignement et de la recherche, motivés par le métier d'enseignant-chercheur en école d'ingénieurs, et prêts à en prendre en compte la spécificité.

L'enseignement de l'informatique reste préoccupant par la faiblesse du volume horaire. Il lui est consacré en seconde et troisième années dans de nombreuses filières qui ne sont pas vouées à cette discipline. Son développement est souhaitable, en liaison forte avec l'apprentissage des mathématiques de la modélisation et de la simulation, pour mieux répondre aux besoins des entreprises. Toutefois, il se peut que cet enseignement soit renforcé par l'apport de compléments dans le cadre de TP effectués dans d'autres disciplines, ce que l'enquête n'a pas pu mesurer.

L'irrigation de l'enseignement en mathématiques appliquées par l'activité de recherche a plus souvent lieu par le canal des universités environnantes qu'au sein même des écoles ayant répondu à l'enquête.

II - QUELQUES ÉCOLES D'INGÉNIEURS POSSÉDANT UNE FILIÈRE BIEN IDENTIFIÉE ORIENTÉE VERS LES MATHÉMATIQUES

1 - L'ENSIMAG (ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'INFORMATIQUE ET DE MATHÉMATIQUES APPLIQUÉES DE GRENOBLE)

Cette école, créée en 1960, forme actuellement 150 ingénieurs par an, sélectionnés essentiellement sur concours MP (une dizaine recrutés après la maîtrise, en 2e année ; une "année spéciale" recrute une dizaine d'étudiants ayant déjà un diplôme d'ingénieur). En 1ère année, les élèves ingénieurs suivent un tronc commun comprenant des mathématiques appliquées et de l'informatique à parts égales.

En 2e année, les futurs mathématiciens sont formés dans une option "génie mathématique" avec du calcul scientifique et des mathématiques de la décision, puis en 3ème année ils se répartissent dans les options finance, calcul scientifique, organisation et mathématiques appliquées.

L'enseignement des mathématiques est dispensé par une douzaine d'enseignants-chercheurs. Une part importante des élèves suit au cours de cette année l'un des DEA grenoblois.

Cette école jouit d'un grand prestige, et les débouchés sont assurés à de très bons niveaux de salaire. Elle a de nombreux contacts avec l'industrie, bien sûr, et les universités étrangères (USA, programmes BRITE).

Il faut noter l'importance (dans les options de MA) de l'option "finance", qui regroupe 25 élèves chaque année : c'est sans doute la plus ancienne formation de ce type en France (elle date de 1987), et elle a un grand succès auprès des banques.

2 - L'ENSEEIHT (ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ÉLECTROTECHNIQUE, D'ÉLECTRONIQUE, D'INFORMATIQUE ET D'HYDRAULIQUE DE TOULOUSE)

L'École nationale supérieure d'électrotechnique, d'électronique, d'informatique et d'hydraulique de Toulouse, au sein de l'Institut national polytechnique de Toulouse propose une filière, Informatique et mathématiques appliquées, de 70 places au recrutement des ENSI ainsi qu'une formation spécialisée de 10 à 20 places. Cette filière, essentiellement centrée sur l'informatique et le calcul haute performance, bénéficie d'une excellente réputation. 85 à 90% des étudiants qui y entrent se destinent à l'informatique, mais le cursus reste mixte informatique, mathématiques appliquées, avec une orientation de ces dernières sur signal, optimisation, contrôle, problèmes inverses.

Trois professeurs et quatre maîtres de conférences mathématiciens sont rattachés à l'école.

Une proportion importante des étudiants attirés par les mathématiques appliquées continue en DEA et thèse, mais ils le font via le DEA Programmation, systèmes et algorithmes de l'ENSEEIHT et sont rattachés à l'IRIT, le laboratoire d'informatique de l'Université Paul Sabatier. Les mathématiques appliquées de l'ENSEEIHT sont donc pratiquement coupées des autres mathématiques appliquées de Toulouse, mais cohabitent avec l'informatique et ont par ailleurs de nombreuses collaborations industrielles (CNES, Aérospatiale, Elf, Cerfacs).

3 - L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

L'École polytechnique forme un flux annuel global de l'ordre de 450 à 480 diplômés ingénieurs.

Les élèves suivent 1 000 h de cours scientifiques sur 3 ans (hors projets, sciences humaines, etc.) ; le tiers en moyenne de ce volume horaire relève des mathématiques, mathématiques appliquées ou informatique théorique.

La proportion de ces derniers enseignements est élevée au début de la scolarité de l'élève ingénieur, puis décroît au fur et à mesure de l'avancement dans le cursus, sauf pour les élèves qui se spécialisent dans ces filières. La frontière est volontairement floue entre les disciplines enseignées afin de privilégier les approches pédagogiques pluridisciplinaires.

La population moyenne suivant une filière mathématique théorique est de 15 à 20 élèves par an. Elle est de 50 à 60 par an en informatique, et de l'ordre de 60 à 80 par an en mathématiques appliquées. Pour les formations doctorales et thèses, on trouve en moyenne chaque année 8 élèves en DEA et 3 en thèse pour les mathématiques pures, et 20 en DEA, puis 12 en thèse pour les mathématiques appliquées, et des chiffres similaires en informatique.

Le nombre d'enseignants en mathématiques s'élève :

- pour la 25e section, à 8 professeurs à temps plein de niveau 1ère classe ou plus, 6 chercheurs résidents de rang A enseignant à mi temps, et 25 professeurs extérieurs à temps partiel ;
- pour la 26e section, à 3 professeurs à temps plein de niveau 1ère classe ou plus, 5 professeurs juniors, 4 chercheurs résidents de rang A enseignant à mi temps, et 25 professeurs extérieurs à temps partiel.

L'organisation de l'enseignement est structurée en 10 départements. Pour ce qui concerne les mathématiques, on compte deux départements, l'un de mathématiques, l'autre de mathématiques appliquées. à ces départements sont adossés 3 puissants laboratoires, UMR associées avec le CNRS : le Centre de mathématiques, le Centre de calcul formel (GAGE) et le Centre de mathématiques appliquées.

4 - LES FORMATIONS UNIVERSITAIRES D'INGÉNIEUR

Le CUST (Centre universitaire des sciences et techniques) de l'Université Clermont-Ferrand II. Le centre forme 200 ingénieurs par an recrutés en première année à bac+2. Il comporte 5 spécialités dont une seule est à dominante mathématique (génie mathématique et modélisation).

Les études durent 3 ans avec un projet par an. Les mathématiques constituent un tiers des enseignements dans les deux premières années. Des ingénieurs en activité interviennent dans les enseignements de troisième année.

C'est une formation d'ingénieur généraliste avec une forte compétence en recherche opérationnelle. Les élèves n'ont pas de difficulté à trouver un emploi à la sortie de cette école et la moitié d'entre eux obtient un poste correspondant bien au domaine de compétence.

L'ISPG (Institut supérieur polytechnique Galilée) de l'Université Paris XIII. L'ISPG a quatre spécialités : matériaux, télécommunications, mathématiques appliquées au calcul scientifique (MACS), ingénierie logicielle. Sauf pour la filière MACS, la part des mathématiques reste faible : 150 heures.

En filière MACS, cette part est largement majoritaire, et, pour l'essentiel, en mathématiques appliquées. L'équipe enseignante est formée d'enseignants-chercheurs, de 26e section pour la plupart, en fonction à l'école à temps partiel, et d'intervenants extérieurs. Les enseignants-chercheurs effectuent leurs recherches au Laboratoire analyse, géométrie et applications - LAGA, ce qui assure une bonne connexion de la formation avec la recherche.

Habilitée depuis 1993, cette spécialité offre deux options de 3e année : ingénierie mécanique et ingénierie financière. Les promotions sont volontairement stabilisées pour l'instant autour de 20 étudiants venant des CPGE (10 places) et DEUG (12 places sur dossier). En seconde année, 3 admissions ont lieu sur dossier après entretien. En additionnant les différents projets sur les trois années, on peut estimer à 75% la part mathématiques appliquées de la formation (hors stage industriel).

Durant les 2 premières années, les bases d'analyse, de méthodes numériques, de probabilités et statistique sont dispensées et consolidées. Les cours spécialisés de troisième année conduisent aux deux options. Les stages industriels de fin d'études (4 à 6 mois) portent sur des problématiques relevant des options. L'informatique a, bien sûr, une part importante dans la formation, elle intervient de façon permanente et pratique dans tout le cursus. Le parc informatique est celui de l'Institut Galilée, globalement satisfaisant. L'accès à de gros logiciels se fait aussi lors des stages. Les logiciels locaux en probabilités et statistique demeurent cependant assez pauvres. La formation pratique est acquise au cours de projets d'étude portant sur des problèmes numériques et de stages en entreprise qui occupent une part importante de la formation.

Après quelques années difficiles, les embauches sont maintenant extrêmement rapides, voire immédiates à l'issue du stage. Toutes promotions confondues, 28% des diplômés travaillent en secteur MACS, 28% en secteur informatique, 11% en secteur financier, et environ 33% en divers, dont poursuite d'études. La tendance actuelle se dessine vers des recrutements pour moitié dans le secteur banques-finances-assurances, avec des salaires d'embauche attractifs. Quelques étudiants en nombre de plus en plus réduits effectuent une formation complémentaire, type DEA, suivie alors le plus souvent d'une thèse en secteur industriel.

En conclusion, cette formation d'ingénieur est de qualité et de bon niveau, elle est originale par son option ingénierie financière. Dans la période actuelle, les débouchés très faciles devraient conduire à un accroissement significatif des promotions entrantes.

MATMECA (école d'ingénieurs en modélisation et mécanique) à l'Université Bordeaux I. Intégrée à l'université (art. 33 des EPCSCP), créée en 1998, elle a diplômé une première promotion d'une vingtaine d'étudiants. Actuellement, le flux a atteint 50 étudiants par an, dont 35 sortent des classes préparatoires aux grandes écoles.

Elle compte une seule filière, totalisant 1 887 h sur 3 ans ; fortement spécialisée sur cette filière, elle acquiert une image de marque dans ce domaine de compétences. Elle souhaite ne pas opposer mathématiques à mécanique, mais tourner les outils mathématiques vers les applications mécaniques en prenant soin de dispenser une culture mathématique et scientifique solide. La composante théorique des enseignements est conséquente. Il n'y a aucun enseignement de l'approche stochastique, ce qui est sans doute regrettable pour des ingénieurs.

Elle s'appuie sur l'UFR de Mathématiques, mais bien davantage sur le laboratoire de Mécanique dépendant de l'UFR de Physique. Les responsables regrettent qu'aucun recrutement d'enseignant ne soit fléché sur cette école, dont la spécificité n'est ainsi pas reconnue à ce niveau.

Tous les premiers diplômés ont trouvé facilement un emploi à la sortie.

5 - LES INSA (INSTITUTS NATIONAUX DE SCIENCES APPLIQUÉES)

Ils sont au nombre de quatre, situés à Lyon, Rennes, Rouen, Toulouse. Tous recrutent les élèves après le baccalauréat, avec un recrutement complémentaire en 3e année. Les études sont de 5 ans. Seuls, deux d'entre eux ont une filière en mathématiques : Rouen et Toulouse.

L'INSA de Lyon. Il accueille environ 800 élèves par an, répartis dans dix départements. Ces départements agissent comme autant d'écoles quasi indépendantes. Mais il n'y a pas à Lyon de département de mathématiques ou proche des mathématiques.

En premier cycle (bac+1 et bac+2), les élèves suivent un total approximatif de 410 heures de mathématiques. En 2e cycle, le nombre d'heures de cours de mathématiques est extrêmement variable suivant les départements : de 60 h à 280 h. Il y a par ailleurs des projets transversaux (non comptés ici) où parfois les mathématiques apparaissent, et enfin beaucoup d'enseignements difficiles à classer.

En tout, on dénombre à l'INSA à peu près 14 000 heures de mathématiques équivalent TD assurées par 10 enseignants de 26e section, dont 3 professeurs, 15 agrégés de mathématiques ainsi que des non mathématiciens. L'enseignement des mathématiques est centralisé dans un Centre de mathématiques, structure ayant un petit budget propre, mais ne gérant pas les postes.

Tous les enseignants-chercheurs de mathématiques et 2 agrégés appartiennent à MAPLY, laboratoire de mathématiques appliquées de Lyon, UMR 5585 avec le CNRS, l'Université Claude Bernard de Lyon I, l'école centrale de Lyon et l'INSA de Lyon.

L'INSA de Rennes. Les flux y sont les suivants : chaque année, 216 bacheliers entrent en 1ère année. Ils sont rejoints en 3e année par des étudiants issus des DEUG, IUT ou des classes préparatoires aux grandes écoles pour porter l'effectif à 280.

Le cursus est le même pour tous les élèves pendant les deux premières années. Les volumes horaires de mathématiques générales sont de 216 heures en 1ère année et 182 heures en 2e année. Il faut y ajouter 70 heures de mécanique enseignée par les mathématiciens.

Ensuite, les élèves se répartissent dans 6 départements différents, aucun ne relevant des mathématiques. Les programmes et l'organisation de l'enseignement des mathématiques sont très variables d'un département à l'autre et on ne peut raisonner que de manière globale sur les 3 années de formation d'ingénieur.

Ainsi, les volumes totaux d'enseignement en mathématiques par étudiant sur les 3 ans s'élèvent à un peu moins de 200 h en génie civil et urbanisme, génie physique et génie électrique, mais chutent rapidement dans les autres départements : 160 h en génie mécanique et automatique, 115 h en informatique, 54 h en électronique et systèmes de communication.

Ces chiffres regroupent l'ensemble des enseignements faits par les mathématiciens et contiennent les mathématiques de base, l'analyse numérique, les probabilités-statistique et les méthodes mathématiques pour l'informatique et l'automatique.

L'équipe enseignante est composée de 3 enseignants de la 25e section et de 14 enseignants de la 26e section. Elle est regroupée dans un Centre des mathématiques, structure transverse différente de la notion de département qui, elle, est associée à une filière d'ingénieur. La presque totalité de ces enseignants-chercheurs sont membres de l'IRMAR, Institut de recherche mathématique de Rennes, UMR CNRS qui regroupe les mathématiciens de l'Université Rennes I, de l'INSA et de l'antenne de Bretagne de l'ENS Cachan.

L'INSA de Rouen. Un tronc commun d'enseignements est offert à l'ensemble des élèves pendant les deux premières années. Ils sont ensuite répartis en 5 départements.

Le département de Génie mathématique a été créé en 1987. Ses promotions sont actuellement de 50 à 55 élèves, mais passeront à 75 dans le prochain plan quadriennal.

Les enseignements y sont pour deux tiers en mathématiques appliquées et pour un tiers en informatique. Les mathématiques appliquées comprennent EDP, analyse numérique, optimisation, automatique, probabilités, statistique, recherche opérationnelle, graphes, signal et image, à raison de 15 h de cours et de TD par semaine en 3e et 4e années, ce respectivement sur 30 et 26 semaines. Le cursus comporte aussi des projets couplant informatique et mathématiques, ainsi qu'un stage "technicien" de deux mois en début de 4e année.

En 5e année, l'enseignement est optionnel, en dehors de 40 h de mathématiques et 20 h d'informatique obligatoires. Les élèves peuvent choisir en plus jusqu'à 180 h de cours en mathématiques et informatique ; les mots-clefs y sont : modélisation, calcul scientifique, optimisation, automatique, statistique, productique, signal, image, finance.

Ils peuvent aussi suivre un DEA en mathématiques, informatique, sciences de l'ingénieur ou aérothermochimie : c'est le cas d'une bonne dizaine d'entre eux. Un bon nombre d'entre eux poursuivent en thèse, mais pas nécessairement à Rouen.

Le projet de fin d'études est un stage à mi-temps. Les débouchés sont divers : automobile, armée, EDF, Thomson, Matra, etc.

Une vingtaine d'enseignants sont rattachés à l'INSA. Les relations entre l'INSA et l'université sont plutôt de complémentarité que de concurrence, et le DEA est commun. L'INSA envisage par ailleurs l'ouverture d'un DESS en Optimisation et simulation.

L'INSA de Toulouse. Il possède une bonne équipe d'une vingtaine de mathématiciens de la 26e section. Ils font pour la plupart partie de l'UMR Mathématiques pour l'industrie et la physique, MIP, ou de l'UMR Laboratoire statistique et probabilités, LSP, toutes deux implantées à l'Université Toulouse III. Rappelons que l'INSA de Toulouse vient très récemment d'être évalué par le CNE.

Depuis plusieurs années une filière de Génie mathématique et modélisation, G2M, a été montée. Cette filière a été habilitée par la Commission des titres d'ingénieur en 1993 ; l'INSA a créé en 1996 le département de Génie mathématique avec l'appui des chercheurs de l'UMR MIP.

La filière G2M est passée progressivement de 24 à 48 étudiants depuis 1998. Centrée sur la modélisation et le calcul scientifique (MCS) à ses débuts, elle a récemment ouvert une option de Modélisation stochastique et statistique (MSS).

La 5e année de cette option peut être validée dans le cadre du DEA de Mathématiques appliquées organisé en commun avec l'Université Paul Sabatier et Sup'Aéro sur les thèmes de mathématiques financières et de traitement d'image, suivi par un peu moins de 5 étudiants de l'INSA par an, dont 1 en moyenne continue en thèse.

III - QUELQUES AUTRES GRANDES ÉCOLES

1 - LES ÉCOLES NORMALES SUPÉRIEURES (ENS)

Les Écoles normales supérieures n'offrent pas une scolarité traditionnelle analogue à celle que l'on rencontre dans une école d'ingénieurs : elles préparent aux diplômes universitaires de second et de troisième cycles, à l'agrégation et à l'orientation vers la recherche. Notons que cette scolarité universitaire s'effectue le plus souvent en régime accéléré (licence maîtrise+DEA +agrégation en 3 ans, par exemple). Les étudiants suivent normalement leurs cours à l'université et reçoivent en plus des enseignements complémentaires sur le site de l'école.

Trois de ces écoles normales supérieures ont une filière de mathématiques bien identifiée. Longtemps, les mathématiciens formés par ces filières ont eu la réputation de ne s'intéresser qu'aux mathématiques pures et fort peu aux applications, dans la mouvance dominante des mathématiques françaises.

Nous présentons ci-après un résumé des réponses qui ont été données par les trois ENS scientifiques à un questionnaire qui avait pour but de repérer la place actuelle des mathématiques appliquées dans ces formations ainsi que leur image. On indique, en particulier, les flux de sortie en distinguant les élèves qui choisissent l'enseignement immédiatement après l'école de ceux qui s'engagent dans la préparation d'une thèse. Parmi ceux-ci, les orientations vers les mathématiques pures ou appliquées, ou vers l'informatique, sont distinguées par l'indication d'une section du CNU (25e, 26e, ou 27e) correspondant essentiellement à celle du directeur de recherche.

L'École normale supérieure de Paris. L'École normale supérieure de Paris accueille un public d'excellence pour ses formations en mathématiques.

En 2000, les promotions étaient de 47, 43, et 42 étudiants respectivement en 1ère, 2e et 3e années (aucun auditeur libre). Les enseignements sont organisés autour du magistère de mathématiques fondamentales et appliquées et d'informatique (MMFAI). Ce cadre favorise les liens avec l'informatique et plusieurs élèves s'y spécialisent, comme on le voit dans les flux de sortie.

L'encadrement en mathématiques est important avec 13 enseignants-chercheurs relevant de la 25e section (8 professeurs, 2 maîtres de conférences, 3 agrégés préparateurs) et 9 enseignants-chercheurs relevant de la 26e section (5 professeurs, 1 maître de conférences, 3 agrégés préparateurs), soit 40% relevant de la 26e section. D'autres universitaires ou chercheurs extérieurs interviennent aussi dans les enseignements.

Il est difficile de chiffrer la part des mathématiques appliquées dans l'enseignement, mais sont mentionnés, au moins pour la 1ère année, des probabilités (40 h et 30 h TD), des EDP (60 h et 20 h TD), du traitement d'images (24 h et 12 h TD). Des enseignements sont offerts en collaboration avec les physiciens (un cursus mathématiques/physique est offert), ainsi qu'avec les biologistes. Des conférences de MA sont également organisées dans le cadre de la préparation à l'agrégation.

Les flux de sortie sont variables, mais on peut dégager des tendances sur les 3 années (1997-2000) : la presque totalité des élèves se dirige vers la recherche à la sortie de l'école, avec une majorité en mathématiques pures (46% pour les mathématiques de la 25e section, 32% pour la 26e section et 22% pour l'informatique).

L'École normale supérieure de Lyon. Les élèves sont accueillis dans un magistère de "mathématiques et applications" en partenariat avec l'Université Claude Bernard de Lyon. En 2000, les promotions étaient de 22 en 1ère année, 28 en 2e, 30 en 3e et 30 en 4e . Elles étaient complétées par quelques auditeurs libres : 6 en 1ère année, 5 en 2e, et surtout 23 en 3e pour la préparation à l'agrégation.

Les mathématiques appliquées sont mentionnées comme apparaissant dans les enseignements suivants (les modules ont, en général, 32 h de cours et de 32 h de travaux dirigés) :

- en première année, un module d'analyse numérique, 2 modules qui contiennent en partie des MA : EDP, probabilités ;
- en seconde année, 2 modules contiennent en partie des MA : analyse, EDP 2 ;
  Un stage éventuel de 6 semaines est prévu l'une ou l'autre année ;
- en troisième année, 200 h environ pour la préparation à l'épreuve de modélisation de l'agrégation.

Quelques élèves suivent le DEA d'Analyse numérique offert dans l'école doctorale de mathématiques et informatique du site de Lyon.

S'agissant des relations avec l'informatique, les élèves mathématiciens peuvent suivre des modules du magistère d'Informatique et de modélisation et le DEA d'Informatique fondamentale. D'une façon générale, l'ENS affiche la volonté de favoriser la transdisciplinarité.

L'encadrement est de 8 enseignants-chercheurs relevant de la 25e section (2 professeurs, 2 maîtres de conférences, 2 agrégés préparateurs, 2 ATER) et de 8 enseignants-chercheurs relevant de la 26e section (4 professeurs, 2 maîtres de conférences, 2 agrégés préparateurs). Des conférences sont régulièrement assurées par des enseignants-chercheurs extérieurs.

À la sortie de l'école, 13% en moyenne se dirigent immédiatement vers l'enseignement : parmi ceux qui font une thèse, 50% relèvent de la 25e section et 46% de la 26e section.

L'École normale supérieure de Cachan. L'École normale supérieure de Cachan offre des formations en mathématiques sur ses deux sites : à Cachan et dans son antenne de Bretagne. Nous les présentons séparément.

Site de Cachan. À la rentrée 2000, les effectifs des promotions sont de 20 en 1ère année, 22 en 2e année, 28 en 3e année et 33 en 4e année ; il y a aussi quelques auditeurs libres : respectivement 6, 2, 7, 2 en 2000.

En première année, après une licence de mathématiques accélérée sur un semestre, les élèves suivent les trois-quarts de la maîtrise de Mathématiques ou d'Informatique (ou un mélange des deux).

Ils suivent pour la plupart les modules d'analyse numérique et de probabilités et un module de statistique est aussi proposé. Un stage est conseillé aux étudiants (la moitié des stages a lieu en milieu "appliqué").

En seconde année, le quart des élèves choisit d'obtenir à la fois les maîtrises de Mathématiques et d'Informatique. Les autres terminent leur maîtrise et préparent un DEA : de 50 à 75% d'entre eux choisissent un DEA appliqué, comme ceux d'analyse numérique et calcul scientifique de Paris VI, IX et XI, de probabilités et statistique de Paris VI, VII, XI (cf. les rapports des universités correspondantes pour ces DEA sur le CD-ROM), le DEA math/vision/apprentissage de l'ENS Cachan.

Des groupes de travail sont organisés pendant ces deux années, au cours desquelles sont enseignées les mathématiques dans leur ensemble, avec un effort tout particulier fait sur les mathématiques appliquées.

La troisième année est le plus souvent consacrée à la préparation de l'agrégation, avec un investissement important pour la préparation à l'épreuve de modélisation. La quatrième année est le plus souvent consacrée au début de la thèse. Entre la moitié et les 3/4 vont en MA.

L'encadrement permanent est surtout assuré par des enseignants de la 26e section : 6 professeurs, 1 maître de conférences, 1 agrégé préparateur ; il y aussi 1 maître de conférences et 2 agrégés préparateurs relevant de la 25e section. Il y a par ailleurs beaucoup d'interventions extérieures, surtout de mathématiciens appliqués.

Concernant les flux de sortie, moins de 10% se dirigent vers l'enseignement, le reste vers la recherche avec une majorité pour les mathématiques appliquées : 22% en mathématiques 25e section, 42% en mathématiques 26e section, 15% vers l'informatique, le reste n'étant pas identifié.

Le département de Mathématiques affirme une orientation accrue vers les mathématiques appliquées, d'une part, pour accompagner les mutations du concours d'agrégation, d'autre part, pour la formation par la recherche : le DEA de l'école, spécialisé dans les mathématiques pour le traitement d'images, qui existe depuis plusieurs années, attire de plus en plus d'étudiants ; de plus, vient de s'ouvrir en 2001 un DEA spécialisé dans le calcul scientifique pour les milieux continus.

Site de l'antenne de Bretagne. Le département de Mathématiques et Informatique de l'antenne de Bretagne de l'ENS Cachan s'est ouvert en septembre 1996. Il recrute sur des concours d'entrée en 1ère année (environ 12 élèves) et en 3e année (environ 10 élèves). Ainsi, les effectifs pour l'année 2000 étaient de 11 en 1ère année, 12 en 2e année, 14 en 3e année, 23 en 4e année.

Les élèves sont accueillis dans un magistère de "modélisation mathématique et méthodes informatiques", co-délivré avec l'Université Rennes I.

À la douzaine de normaliens se joignent au moins autant d'étudiants recrutés sur concours spécifique par l'université (l'effectif de magistère 1ère année est au total de 27 pour l'année 2001-2002, dont 11 normaliens).

Le magistère avait été créé à Rennes dès 1985 et avait une forte orientation appliquée. Celle-ci a été conservée dans le cursus à l'arrivée des normaliens, même si les débouchés ont maintenant plutôt lieu dans la recherche que directement en milieu professionnel dès la sortie du magistère. Ainsi, plusieurs modules appliqués sont offerts en 1ère et 2e années (probabilités, analyse numérique, calcul scientifique, statistique, mécanique). De plus, ont été conservés le séminaire en binôme et un projet informatique en 1ère année, un TER et un stage de deux mois au moins en 2e année. Il y a aussi deux heures d'anglais par semaine obligatoires pendant les deux ans.

L'informatique prend une place importante dans le magistère. L'organisation permet même de faire un double cursus mathématiques et informatique (double licence en 1ère année). Sinon, comme dans les autres ENS, il est possible d'accélérer le cursus et de commencer un DEA en 2e année.

La 3e année est celle de la préparation à l'agrégation. Elle se fait en collaboration étroite avec l'Université Rennes I. Un gros investissement a été fait sur la préparation de l'épreuve de modélisation.

L'encadrement permanent sur le site même de Ker Lann est encore peu important (2 professeurs, 1 agrégé préparateur, 3 moniteurs, tous relevant de la 26e section). Mais il est complété grâce à de nombreux échanges de service avec les collègues de l'Université Rennes I.

Le bilan des flux de sortie des élèves normaliens depuis la création du département jusque fin 2000 est le suivant : 25% se sont dirigés vers l'enseignement secondaire, le reste vers la recherche ; la répartition pour ceux-ci est de 20% vers l'informatique, 20% vers les mathématiques pures (25e section), 60% vers les mathématiques appliquées (26e section), soit donc un flux très majoritaire vers les mathématiques appliquées.

2 - L'ÉCOLE NATIONALE DE LA STATISTIQUE ET DE L'ADMINISTRATION ÉCONOMIQUE - ENSAE

Fondée en 1942, elle assure une formation de haut niveau en économie, en statistique et en finance. Elle est intégrée à l'Institut national de la statistique et des études économiques (INSEE) sous la tutelle du ministère de l'Économie et des Finances.

Elle forme deux groupes d'élèves : d'une part, - et c'est la grande majorité d'entre eux - des statisticiens économistes, recrutés sur concours ou sur titre ; d'autre part, des fonctionnaires qui appartiennent au corps des administrateurs de l'INSEE et suivent la même scolarité.

La scolarité s'effectue en trois ans. La première année est consacrée aux acquisitions de base en économie ou en mathématiques selon la voie choisie. Elle se termine par un stage d'ouverture au milieu professionnel de quatre à huit semaines.

La deuxième année constitue l'année centrale du cycle d'études où s'effectue le brassage de l'ensemble des élèves, quelle que soit leur origine, qu'ils soient issus de la première année "voie mathématiques" ou "voie économie", ou qu'ils soient admis directement sur titre. Cette année est structurée autour d'enseignements de tronc commun en statistique, économie, économétrie, séries temporelles, macroéconomie et microéconomie. Autour de ce noyau central, sont proposés des enseignements optionnels, en particulier, en "outils mathématiques et informatique". Les élèves choisissent par ailleurs une majeure, en statistique ou en économie.

À ajouter aussi une offre de formation complémentaire en probabilités, statistique descriptive, analyse des données, informatique, pour les élèves admis directement en deuxième année. L'année se termine par un stage d'application de 8 à 12 semaines.

La troisième année offre quatre voies : statistique et économétrie ; finance et actuariat ; macroéconomie et politiques économiques ; microéconomie/gestion de l'entreprise.

Par ailleurs, pour répondre à des besoins de formation dans les spécialités de l'école, l'ENSAE ouvre ses enseignements spécialisés de troisième année pour offrir un mastère spécialisé en analyse économique, statistique et économétrie, finance et actuariat et des certificats d'études supérieures spécialisées (CESS) dans quatre orientations : finance et actuariat, économétrie et séries temporelles, économie industrielle et microéconomie appliquée, modélisation et politique macroéconomique.

3 - L'ÉCOLE NATIONALE DE LA STATISTIQUE ET DE L'ANALYSE DE L'INFORMATION - ENSAI

L'ENSAI, implantée depuis 1996 sur le campus de Ker Lann, près de Rennes, a vocation à préparer ses élèves aux métiers de la collecte et de l'analyse de l'information, en particulier dans le domaine économique et social, mais aussi dans le domaine de l'industrie, dans celui des sciences de la vie ou dans celui des systèmes d'information.

Il y a deux groupes d'élèves : les élèves "attachés", fonctionnaires, recrutés par concours interne (10 places environ) et par concours externe (30 places environ), pour qui la scolarité se déroule sur deux ans ; les élèves "titulaires", non fonctionnaires, recrutés sur concours externe (50 places environ) ou sur titre (quelques places) et pour qui la scolarité est de 3 ans. Les concours externes comportent deux options : mathématiques et économie. La scolarité des élèves varie selon leur option de recrutement.

La part des mathématiques en 1ère année est de 225 h sur 680 au total pour les élèves issus de l'option "mathématiques". Elle se compose essentiellement de probabilités et statistique et comporte un projet en statistique. Elle est de 280 h pour les autres, car s'y ajoutent des compléments de base en algèbre et analyse. Il y a environ 180 h en informatique (avec une bonne part d'initiation aux logiciels). Le reste des enseignements concerne l'économie, la gestion, les sciences sociales, la communication et l'anglais.

En deuxième année, la part des mathématiques augmente, avec 325 h sur 700 h pour tous les élèves. Il s'agit essentiellement de statistique à nouveau, avec un gros projet à réaliser. L'informatique prend aussi une bonne place avec 135 h dont un projet en systèmes informatiques de base de données. Ensuite, 5 modules permettent de préparer l'une des 4 filières de spécialisation de 3e année (pour les élèves titulaires) : Statistique pour l'économie, le marketing et la gestion des risques ou Statistique pour les sciences de la vie ou Statistique pour les applications industrielles ou Systèmes d'information statistique.

Les mathématiques en tant que telles ont une place moins importante en 3e année. On y trouve surtout des compléments en statistique appliquée à la majeure de la filière ; mentionnons aussi de la théorie du signal et des modèles markoviens de traitement d'images dans la 3e filière.

Les élèves fonctionnaires font carrière à l'INSEE et dans les services statistiques des ministères. Les autres sont recrutés comme statisticiens dans différents secteurs de l'économie.

IV - AUTRES EXEMPLES : LES INSTITUTS UNIVERSITAIRES

1 - L'ISUP (INSTITUT DE LA STATISTIQUE DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS) DE L'UNIVERSITÉ PIERRE ET MARIE CURIE

L'Institut a été créé en 1922 par E. Borel. Il s'appelle en fait maintenant officiellement "Institut de statistique de l'Université Pierre et Marie Curie". C'est une composante à caractère dérogatoire de l'UFR 920, Statistiques théoriques et appliquées, de l'Université Paris VI. Il n'a pas d'enseignants affectés en propre, puisque ceux-ci dépendent de l'UFR 920. Des liens institutionnels existent avec l'ENSAE, qui en est une émanation ancienne orientée vers les statistiques de l'économie, l'ISUP étant plutôt orienté vers la statistique mathématique.

Il offre une formation initiale et une formation permanente en statistique. Les étudiants en formation initiale entrent sur concours à l'issue d'une deuxième année de classe préparatoire (classes MP et MPSI).

Certains étudiants de licence ou de maîtrise peuvent être admis sur titre. Il délivre un diplôme d'université à bac+5, qui n'est pas un titre d'ingénieur. Chaque promotion compte environ 45 étudiants, dont un peu plus d'une dizaine d'admis sur titre. 250 candidats environ se présentent aux épreuves.

Il délivre à la fin de la troisième année un diplôme de statisticien avec l'une des trois mentions : actuariat, bio-statistique, industrie et services. La formation comporte une formation de base en probabilités et une formation complète en statistique, comprenant l'apprentissage des outils informatiques. Il y a 700 heures de cours, TD, TP en première année, complétées par un stage facultatif d'été en entreprise, un peu moins en seconde année, dont 100 h d'option et un stage obligatoire de deux mois, et 300 h en troisième année, avec un stage de 5 mois. 3 cours sont communs avec des UV de maîtrise, et un accord avec l'ESSEC permet aux étudiants de valider certains modules de cette école, ou d'y entrer sur dossier en cours de scolarité.

Après leurs études, les étudiants trouvent facilement des emplois (159 offres cette année), aidés par une association d'anciens élèves assez active. Un très faible nombre (de 1 à 3 selon les années) suivent le DEA de Statistique de l'université pour continuer en thèse.

D'autre part, l'ISUP intervient en formation permanente. Il est en particulier maître d'œuvre de la filière Banque, Assurance, Finance de la MIM qui a ouvert à la rentrée 2000. Il offre également la possibilité pour les professionnels de suivre des cycles de formation continue dans différents domaines de statistique appliquée.

Conclusions et recommandations. C'est sans doute la seule formation de ce type en France (si l'on excepte les formations d'actuaires) qui forme des statisticiens "industriels". Là aussi, le marché de l'emploi semble très prometteur, car la France doit rattraper son retard sur les autres pays européens en matière d'emplois de statisticiens.

Cependant, cette formation semble assez isolée, voire relativement méconnue ; le statut de l'ISUP lui-même demanderait à être clarifié, et il serait sans doute profitable que les liens avec l'ENSAE-ENSAI soient renforcés. En outre, l'ISUP n'est pas en tant que tel un institut de recherche, ses enseignants (qui comptent de nombreux professionnels) ne lui sont pas affectés en propre. L'habilitation à délivrer un titre d'ingénieur lui permettrait sans doute d'être plus attractif et de devenir un véritable centre de formation à la statistique.

Si l'organisation globale et l'ouverture sur l'extérieur et l'extra-académique sont très bonnes, les liens avec la recherche pourraient être plus développés.

2 - L'IFSA (INSTITUT DE SCIENCE FINANCIÈRE ET D'ASSURANCE) DE L'UNIVERSITÉ LYON I

Créé en 1930, l'Institut de Science financière et d'assurances (ISFA, article 33) associe actuellement des membres de la 26e section et des gestionnaires (6e), au sein du Laboratoire de sciences actuarielles et financières (LSAF). L'ancrage de plus en plus prononcé en 6e section rend pessimiste sur l'évolution mathématique à venir à l'IFSA. Ainsi malgré sa demande, les diplômes de l'ISFA n'ont pas été habilités en 26e, mais en 6e section (gestion).

Les formations de l'ISFA habilitées en gestion (MST, magistère, DESS, DEA de sciences actuarielles et financières) et celles de Lyon II comportent une part importante d'enseignements de statistique (IUP Économétrie et statistique, DESS et DEA Extraction des connaissances à partir de données (ECD), en association avec l'économie ou l'informatique. Toutes ces formations, en dehors du DESS, sont très orientées vers l'économie.

Le magistère Sciences actuarielles et financières est une formation sélective avec des objectifs professionnels bien identifiés ; il attire toujours les étudiants et offre des débouchés réguliers. L'obtention du magistère est sanctionnée après 3 années d'études par un diplôme d'actuaire. De même, il n'y a pas de problème de débouchés autour des thèmes abordés par le DESS. Tous les étudiants trouvent rapidement un travail, à condition d'accepter une certaine mobilité, essentiellement vers la région parisienne.

Il faut néanmoins noter que, si l'orientation financière débouche vers des emplois effectifs de statisticien dans le tertiaire où la demande est forte, les étudiants des autres options sont souvent recrutés pour leurs compétences en informatique. À noter les bons contacts extérieurs de l'ISFA à travers les stages et les associations d'anciens élèves.

La présence du DESS d'Ingénierie mathématique au sein de l'ISFA peut sembler étrange. Elle mélange dans la même composante des diplômes de même contenus ou très similaires avec des pré-requis, des conditions de recrutement et des prérogatives (le titre d'actuaire) différents. Nous pouvons nous interroger sur l'adéquation de l'intitulé de ce DESS, proche de la gestion et ne disposant plus d'une option en calcul scientifique.

V - CONCLUSIONS

Cinq caractéristiques se dégagent de l'analyse globale des écoles d'ingénieurs (cf. supra : paragraphe I) :

- un volume d'enseignement en mathématiques globalement satisfaisant,

mais

- des enseignements très centrés sur les mathématiques de base et traditionnelles,
- des intervenants non mathématiciens pour une majeure partie d'entre eux,
- une faiblesse préoccupante de l'enseignement en informatique,
- l'absence quasi totale de recherche en mathématiques dans les écoles.

Tout cela doit être modulé suivant l'établissement considéré, en particulier, dans les cas de ceux qui offrent une formation spécifique en mathématiques et dont nous avons donné les principales caractéristiques.

LES FORMATIONS SUPÉRIEURES EN MATHÉMATIQUES ORIENTÉES VERS LES APPLICATIONS

ÉTUDE COMPLÉMENTAIRE 2

LES DÉBOUCHÉS POUR LES DIPLÔMÉS EN MATHÉMATIQUES

I - ÉTUDE DES DÉBOUCHÉS : OBJECTIFS, MÉTHODOLOGIE

1 - OBJECTIFS

L'objectif principal de l'étude est le suivant : mettre en évidence, dans l'industrie et les services, les secteurs demandeurs de compétences en mathématiques, la nature des compétences attendues dans ces secteurs, les différents métiers offerts, ainsi que le degré de satisfaction des employeurs par rapport à l'offre des formations dans ce domaine en France ; donner une appréciation sur l'adéquation de ces formations aux besoins des entreprises, puis formuler quelques recommandations à l'attention des décideurs et acteurs concernés, complétant ainsi le travail d'évaluation des formations.

2 - MÉTHODOLOGIE

Pour atteindre cet objectif, des informations ont été recueillies par voie documentaire puis par entretiens et elles ont été croisées pour présenter les résultats globaux de l'étude.

Les sources documentaires. Ont été exploitées :

- les réponses au questionnaire envoyé par le CNE aux départements de mathématiques des universités, sur le thème "débouchés offerts dans les domaines des mathématiques appliquées" (25 questionnaires) ;
- les conclusions de rapports d'expertise sur le thème "débouchés" (15 rapports d'expertise) ;
- "*Les mathématiques dans la vie quotidienne*", plaquette publiée par la Société mathématique européenne à l'occasion de l'année mondiale des mathématiques ;
- les plaquettes et publications des sociétés savantes de mathématiques : SFdS- SMF - SMAI [1].

Ces sources documentaires ont notamment contribué aux exemples d'applications des mathématiques présentés dans le tableau de synthèse du paragraphe II.

Les entretiens. 25 entretiens ont été menés auprès de différents interlocuteurs :

- entreprises appartenant à des secteurs industriels et de services qui recrutent des jeunes mathématiciens ;
- sociétés savantes de mathématiques : SFdS - SMF - SMAI [1] ;
- responsables de formation de DESS-DEA ayant une bonne connaissance des débouchés pour leurs étudiants.

Les entretiens ont été conduits suivant un guide d'entretien spécifique à chaque catégorie d'interlocuteur [2].

Si chaque type d'interlocuteur a été entendu sur des questions le concernant plus particulièrement, il a aussi donné son point de vue sur des thématiques communes à l'ensemble des entretiens menés. Les points de vue des sociétés savantes et des responsables de formation ont permis, sur des thèmes comparables, d'appuyer, de compléter, voire de nuancer ceux des entreprises, et inversement. La structure choisie pour présenter les résultats traduit des tendances de fond qui ont émergé d'une analyse transversale de l'ensemble du matériau recueilli.

3 - PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

Les résultats sont présentés en deux phases :

- sous forme d'un tableau de synthèse à l'intérieur duquel sont mis en évidence les secteurs de débouchés, les applications mathématiques dans ces secteurs, les outils et méthodes, les compétences requises [1].
- sous forme de commentaires autour de dix thèmes environ, évoquant les caractéristiques fortes au niveau des débouchés, des recrutements, des applications en mathématiques et des formations porteuses [2].

---

[1] SFdS : Société française de statistique ; SMF : Société mathématique de France ; SMAI : Société de mathématiques appliquées et industrielles.

[2] On se reportera aux annexes : Annexe 1 - Guide d'entretien secteurs industriels ; Annexe 2. - Guide d'entretien responsables de DESS-DEA ; Annexe 3 - Guide d'entretien SMF, SMAI, SFdS.

II - LE TABLEAU DE SYNTHÈSE

Ce tableau correspond à une photographie de la situation actuelle. Des évolutions peuvent donc être observées. Les exemples pris ne sont d'ailleurs pas exhaustifs, n'épuisent pas toute la diversité, même s'ils couvrent déjà un champ assez large .

Ce tableau est commenté dans les paragraphes III à VIII suivants.

On peut se référer au lexique en fin de rapport pour les définitions de quelques termes mathématiques utilisés dans ce tableau. Exemples : cryptographie, *data-mining*, EDP (équations aux dérivées partielles) etc.

PRINCIPAUX DÉBOUCHÉS		Quelques exemples d'applications des mathématiques	Outils mathématiques requis	Disciplines et méthodes utilisées	Compétences fortes à maîtriser
FINANCE ET RISQUES	Les Banques	1- Communiquer des messages à l'abri des indiscrétions (exemple : messages transmis par carte bleue).	**Théorie des nombres premiers ; Factorisation des grands nombres ; Mathématiques discrètes.**	**Cryptographie ; Algorithmique**, recours à des algorithmiques complexes pour compliquer la tâche des "pirates" informatiques aidés par la puissance des ordinateurs.	**Compétence fortes en mathématiques et informatique**, sur fond de culture mathématique assez étendue.
		2 - Mise en place de bases de données. (exemple : repérage des clientèles à risques, typologie de clientèles). Exploitation de ces bases. Création de modèles sur la base des données stockées. Test du caractère généralisable des modèles créés.	**Outils statistiques** et **probabilités.**	**Analyse de données ; Classification ; Algorithmique ; Modélisation en statistique et économétrie.**	Compétences assez pluridisciplinaires. **Une connaissance large des outils récents** de mathématiques appliquées en **statistique-probabilité-stochastique-mathématiques financières et actuariat : La connaissance de logiciels "lourds" (exemple : SAS)**, et de techniques informatiques (avoir des compétences en gestion de base de données). **La culture probabiliste et statistique s'impose ici**, plus que la culture EDP. Les outils maîtrisés doivent être novateurs, donc proches des résultats de la recherche.
		3 - Fixer les prix des divers produits-services proposés (contrats à terme, options) en intégrant les risques qui sont aléatoires parce qu'ils sont liés à de nombreux facteurs peu maîtrisables. L'imprévu et le hasard ont un "poids" important ici.	**Théorie des probabilités** (processus stochastiques) ; **Outils statistiques** (collecte d'informations sur bases historiques).	**Méthode de prévision statistique ; Modélisation ; Actuariat.**	
		4 - Evaluer les risques financiers (exemples : risques des marchés d'actions et risques de crédit sur les clients), en interaction avec la réglementation qui évolue beaucoup. Cette réglementation mouvante articulée sur des standards internationaux et européens incite à développer des "modèles maison" très élaborés d'évaluation des risques. L'imprévu et le hasard ont un "poids" important ici.	**Outils statistiques** (collecte d'informations sur des bases historiques) ; **Probabilités ; Outils stochastiques ; Un peu les EDP**, pour évaluer les risques de baisse brutale des cours de bourses, par exemple.	**Statistique ; Probabilités** de façon dominante ; **Un peu d'EDP** de façon marginale.	

PRINCIPAUX DÉBOUCHÉS		Quelques exemples d'applications des mathématiques	Outils mathématiques requis	Disciplines et méthodes utilisées	Compétences fortes à maîtriser
FINANCE ET RISQUES (suite)	Les marchés pour des fonctions de trader. Salle des marchés (places de Londres, Paris, etc.)	Intervention d'opérateurs sur le marché des actions, des obligations.	**Statistiques** ; **Probabilités** (processus stochastiques) ; **Outils mathématiques appliquées aux finances**.	**Modélisation financière**.	Une bonne maîtrise **des outils mathématiques** (Statistiques-probabilité pour l'utilisation en avenir incertain), et **Informatique** (représenter l'information d'un modèle mathématique), ainsi qu'une **solide culture dans les techniques financières et économiques recourant aux outils mathématiques.**
	Les Sociétés d'assurance	1 - Conception de produits en fonction de typologies de clientèles. Études statistiques, financières et économiques portant sur les produits-services de l'assurance.	**Actuariat** (mathématiques appliquées à la finance, à l'assurance).	**Techniques de modélisation**.	**Il faut ici savoir maîtriser l'aléatoire et la complexité. La double compétence mathématiques et informatique est très recherchée, ainsi que les mathématiques appliquées à la finance et à l'assurance.**
		2 - Gestion d'actif (exemple : placement de fonds dans les banques). Gestion de passif (exemple : contrats d'assurance avec des risques). Fusion et acquision.		**Mathématiques financières** ; **Techniques de modélisation**.	
		3 - Création de banques de données sur les clients (Étude du comportement, typologie).	**Outils statistiques.**	Statistique et Informatique ; Maîtrise de "gros" logiciels.	
		4 - Analyse de données en provenance des feuilles de sécurité sociale. Exemple : à la CNAM (Caisse nationale d'assurance maladie).		Statistique et Informatique ; Maîtrise de "gros" logiciels.	

PRINCIPAUX DÉBOUCHÉS		Quelques exemples d'applications des mathématiques	Outils mathématiques requis	Disciplines et méthodes utilisées	Compétences fortes à maîtriser
CONSEIL INGÉNIERIE Traitement de l'information	Instituts de sondage et de statistiques et des Ressources publicitaires	1 - Concevoir des systèmes d'informations sur les médias (exemple : faire des typologies de clientèle. Créer et suivre des panels). Exploiter et faire évoluer ces systèmes. 2 - Faire des mesures d'audience sur les médias (télévision, radio, Internet). L'enjeu est énorme, car l'annonce des mesures d'audience attire ou éloigne des célébrités. La marge d'erreur doit donc être la plus petite possible.	**Outils statistiques** (techniques des sondages en amont des études-Analyse des données en aval) ; **Outils probabilistes** (car il faut maîtriser l'aléatoire).	**Techniques de sondage et techniques d'échantillonnage** (en amont pour collecter l'information) ; **Analyse des données, modélisation et recours à l'informatique** (en aval pour exploitation de données).	**Couplage Statistique-probabilités** (en univers aléatoire), **et informatique** (recours à l'outil informatique grâce à la puissance de calcul).
	Sociétés de consulting	Exemple : aide à la décision stratégique d'entreprises ou à la décision commerciale marketing.	**Statistique** (régression statistique) ; **Maîtrise de "gros" logiciels** (SAS, etc).	**Analyse de données ;** **Méthodes d'aide à la décision ;** **Prévisions ;** **Optimisation.**	**Une double compétence est nécessaire ici en gestion et en statistique informatique.** La gestion permet de comprendre le contexte dans lequel les outils statistiques s'appliquent.
	SSII : Sociétés de développement de logiciels "grosses sociétés ou plus petites"	1 - Création de logiciels pour le compte de grandes entreprises qui sollicitent la SSII.	**Calcul scientifique** ; **EDP**.	**Modélisation mathématique et numérique**.	**Le génie logiciel est une forte compétence à avoir.**
		2 - Implantation et exploitation de grandes bases de données pour le compte de clients.	**Informatique** pour la partie implantation ; **Statistique** pour la partie exploitation (pour le suivi de production ou marketing).	**Modélisation** ; **Méthodes d'aide à la décision** par traitement intelligent des données (exemple : "D*ata mining*").	**Double compétence Statistique (**analyse des données : le "*Data mining*" par exemple, et **Informatique** (maîtrise de la gestion des bases de données).

PRNCIPAUX DÉBOUCHÉS		Quelques exemples d'applications des mathématiques	Outils mathématiques requis	Disciplines et méthodes utilisées	Compétences fortes à maîtriser
CONSEIL INGÉNIERIE Traitement de l'information (suite)	Imagerie traitement de l'image. Transmission de l'information. Beaucoup dans le secteur audiovisuel (télévision, cinéma, multimédias-net). Domaine médical aussi.	1 - Analyse de photos aériennes ou satellitaires. Transmission d'images par Internet. Envoi de photos numériques par téléphone portable.	**Traitement du signal**, pour comprimer l'information à transmettre dans un canal de communication. **Théorie des codes correcteurs d'erreurs**.	**Mathématiques** (problème de représentation à résoudre : ici d'une image). **Informatique** (réduire la place de l'image, donc la coder).	**Mathématiques** (techniques d'analyse et théories complexes de probabilités), **appliquées à l'informatique et aux nouvelles technologies de communication**.
		2 - Imagerie médicale. L'imagerie numérique permet d'introduire des aides à la décision médicale. (exemple : les images au scanner qui sont obtenues par des algorithmes numériques).	**EDP**, pour restaurer une image claire à partir d'une image floue, il faut passer par un traitement mathématique approprié. **Méthodes statistiques**, pour l'image en dehors de l'imagerie médicale.	**Techniques mathématiques et informatiques.**	**Marché qui rapproche plusieurs disciplines** (mathématique-informatique et médecine), sur lequel on a du retard en France.
		3 - Téléphonie portable, signal radio. Transmission de messages parfaitement audibles et fidèles.	**Théorie des probabilités et théorie des ondelettes**.	**Probabilités et informatique.**	**Mathématiques** (techniques d'analyse et théories complexes de probabilités), **appliquées à l'informatique et aux nouvelles technologies de communication**.
		4 - Fondation de cartes à puces (exemples : entreprises comme SAGEM, Bull Schlumberger, Oberthur). Ces entreprises sont à la recherche d'algorithmes sûrs, ceux qui empêcheront le piratage des codes et qui tiendront peu de place sur la carte à puces. Communiquer des messages à l'abri des indiscrétions.	**Calcul formel ; Algèbre appliquée ; Mathématiques discrètes ; Théorie des graphes.**	**Cryptographie** ; **Codage** ; **Algorithmique**.	**Mathématiques et informatique** sur fond de culture mathématique assez large avec une accentuation sur l'algèbre appliquée. En informatique, recours aux langages les plus performants pour le calcul numérique.
	Sociétés de service prestataires du web, du net	Communiquer des messages à l'abri des indiscrétions (exemple : pour le commerce électronique. Assurer l'intégrité et l'authenticité des messages communiqués par la voie électrique.	**Théorie de la complexité et théorie algébrique des nombres** (cryptosystème RSA). **Probabilités-statistiques appliquées à la théorie de l'information.**	**Cryptographie (**techniques de protection algorithmique de transmission de l'information contre les malveillances).	**Compétences fortes en mathématiques et informatique** sur fond de culture mathématique assez large.

PRINCIPAUX DÉBOUCHÉS		Quelques exemples d'applications des mathématiques	Outils mathématiques requis	Disciplines et méthodes utilisées	Compétences fortes à maîtriser
RECHERCHE DÉVELOPPEMENT (grandes entreprises et organismes de recherche)	Aéronautique	1 - Simulation des conséquences de la foudre qui atteindrait un avion en plein vol. Calculs aérodynamiques, de structures mécaniques.	**EDP ; Calcul scientifique.**	**Optimisation, modélisation ; Méthode des éléments finis.**	**Compétences requises pluridisciplinaires ;** Outils mathématiques solides dans plusieurs sous-disciplines ; Informatique, génie du logiciel ; Traitement de l'image ; Mécanique des solides et des fluides.
		2 - étude de sûreté-fiabilité.	Probabilités-statistiques		
	Aérospatiale	Envoi d'engins spaciaux de type sondes satellites sur orbites au moindre coût et avec la plus grande précison. La détermination de la trajectoire optimale d'une sonde, le lancement et la maintien sur orbite d'un satellite nécessitent une grosse consommation de calculs et de mathématiques.	**EDP** pour la résolution des équations (exemple : équations en mécanique des fluides) ; **Outil formel** (mathématiques appliquées à l'informatique) ; **Intégration numérique**.	**Théorie du contrôle optimal** (recherche d'une trajectoire qui utilise au mieux les attractions gravitionnelles des divers astres afin de minimiser le carburant utilisé par la sonde) ; **Mécanique céleste (**étude du mouvement des corps sous l'effet des forces gravitionnelles ; **Analyse numérique pour la résolution de modèles très complexes** (recours à l'ordinateur et aux solutions approchées) ; **Traitement de l'image.**	Etre capable de développer des modèles mathématiques à partir d'équations, de réaliser et de faire évoluer des logiciels complexes. **Le couplage mathématique-informatique permet de modéliser, simuler, faire du calcul numérique et c'est une compétence très recherchée.**
	Télécommunications	1 - Prévision des appels. Optimisation du développement de réseau. Aide à la sélection de nouveaux services.	**Outils statistiques ; Outils probabilistes et stochastiques** (univers incertain).	**Modélisation mathématique ; Optimisation** pour prévisions ; **Aide à la décision.**	**Forte maîtrise des méthodes de modélisation, d'optimisation et aide à la décision** en mathématiques.
		2 - Correction des erreurs de transmission sur le téléphone portable.	**Algèbre appliquée ; Calcul formel (**mathématiques appliquées à l'informatique pour les codes correcteurs).	**Cryptographie ; Codage ; Algorithmique,** pour comprendre les logiciels de calcul.	**Mathématiques et informatique** sur fond de culture mathématique assez large.

PRINCIPAUX DÉBOUCHÉS		Quelques exemples d'applications des mathématiques	Outils mathématiques requis	Disciplines et méthodes utilisées	Compétences fortes à maîtriser
RECHERCHE DÉVELOPPEMENT (grandes entreprises et organismes de recherche) (suite)	Automobile, Pneumatiques	1 - Étude de la contribution dynamique du pneu au confort du véhicule. Couplage du train, de la suspension, de la roue et du pneu pour mesurer par des techniques des simulation le confort vibratoire du véhicule en mouvement.	**Calcul scientifique, EDP (**pour résolution d'équation complexes) ; **Analyse fonctionnelle.**	**Modélisation**, avec un modèle mathématique rendant compte des lois physiques auxquelles obéissent toutes les structures en jeu (lois mécaniques et physiques, lois biologiques et médicales) ; **Méthode des éléments finis**, qui permet de calculer numériquement une solution approchée.	**Maîtrise des compétences en mathématique,** (calcul scientifique, EDP, analyse numérique), **en mécanique des solides et en informatique** (pour simulation sur ordinateur en raison de la puissance de calcul requise.
		2 - Automobile : simulation par ordinateur de chocs d'accidents et des dommages qui en découlent au plan corporel, afin d'apporter des réponses pour améliorer la sécurité des conducteurs et passagers.	**Analyse numérique ;** **Algèbre linéaire.**		
		3 - Programmation et analyse des essais. Tests.	**Statistique.**		
	Domaine énergie	Simulation d'explosion nucléaire. Prévision des accidents. Détection des défauts des circuits de refroidissement.	**EDP ;** **Calcul scientifique.**	**Modélisation mathématique et statistique ;** **Simulation ;** **Analyse numérique.**	**Compétences bidisciplinaires : mathématique** (calcul scientifique et EDP surtout), et **informatique** (simulation).

PRINCIPAUX DÉBOUCHÉS		Quelques exemples d'applications des mathématiques	Outils mathématiques requis	Disciplines et méthodes utilisées	Compétences fortes à maîtriser
LOGISTIQUE ET GESTION DE PRODUCTION	Domaine divers (essentiellement des grandes entreprises appartenant à divers secteurs)	1 - SNCF : quelle politique tarifaire faut-il pratiquer pour assurer le remplissage optimal des trains ?	**Techniques probabilistes**	**Optimisation.**	
		2 - Problème logistique : comment mettre les points de stockage et les entrepôts à des points stratégiques sur un espace géographique défini pour maîtriser au mieux les délais et les coûts de stockage ?		**Techniques de recherche opérationnelle.**	**Optimisation.**
		3 - Contrôle des aléas dans les chaînes de fabrication pour minimiser les pannes, les rebuts. Repérer "comment cela fonctionne et comment cela tombe en panne".	**Techniques probabilistes ;** **EDP**	**Modélisation mathématique et statistique** ; **Simulation numérique** (évaluation du "futur probable" sur fond d'expérience passée), **maîtrise de logiciels** (physique-mécanique) .	**Compétences bidisciplinaires mathématique** (probabilités-statistique et EDP surtout), et **informatique** (simulation).
		4 - Optimisation des ateliers. Gestion des flux tendus. Contrôle de qualité et des coûts.	**Calcul scientifique, EDP** (pour résolution d'équations complexes). **Analyse fonctionnelle ;** **Analyse numérique ;** **Algèbre linéaire ;** **Probabilités et statistique** pour les tests de sûreté et fiabilité.	**Optimisation.**	
		5 - Domaine du pneumatique : test de résistance des matériaux à la déformation. Repérer les procédés d'élaboration qui vont permettre d'agir sur la sûreté et la fiabilité du fonctionnement. Autre exemple, de pratique de ces tests : les skis (nombreux modèles à tester avant de les mettre sur le marché).		**Modélisation mécanique ;** **Simulation ;** **Méthode des éléments finis.**	**Maîtrise des compétences en** : **mathématiques** (calcul scientifique, EDP, analyse numérique) ; **mécanique des solides**. ; **Informatique** (pour simulation sur ordinateur, ce dernier offrant la puissance de calcul requise).

PRINCIPAUX DÉBOUCHÉS		Quelques exemples d'applications des mathématiques	Outils mathématiques requis	Disciplines et méthodes utilisées	Compétences fortes à maîtriser
MARKETING ET GESTION COMMERCIALE DANS LE SECTEUR INDUSTRIEL ET DE SERVICES	Grandes entreprises et plus petites. Aussi dans les services marketing	1 - Etude du comportement des consommateurs en vue d'établir des typologies de clientèles pour adapter les produits-services vendus.	**Outils statistiques,** de prévision régression ; **Outils informatiques**, connaissance **de "gros " logiciels.**	**Méthode d'analyse des données**, y compris méthode d'analyse textuelle en aval des sondages (méthodes qui consistent à rapprocher des mots-clefs identiques pour repérer les points de vue convergents).	Les compétences requises ici sont à la frontière entre trois disciplines : **gestion commerciale, statistique et informatique**. La gestion permet de comprendre le contexte dans lequel les outils statistiques et informatiques s'appliqueront.
		2 - Analyse de données multiples en provenance du marché, de la clientèle.			

PRINCIPAUX DÉBOUCHÉS		Quelques exemples d'applications des mathématiques	Outils mathématiques requis	Disciplines et méthodes utilisées	Compétences fortes à maîtriser
MÉDICAL ET BIO-MÉDICAL	Industries médicales : pharmacie, laboratoires.	1 - Exploitation de données scientifiques issues du laboratoire (exemple : résultats d'essais cliniques) en vue d'une prise de décision, (exemple : pour obtenir l'autorisation de mettre sur le marché un nouveau médicament).	**Outils statistiques et probabilités.**	**Statistique et informatique**, appliqués à la biologie, la chimie. **Modélisation pour aider à la décision**, (ex : l'évaluation de l'élimination de certains médicaments).	Des compétences couplées sont nécessaires ici : **Statistique-mathématiques-informatique, chimie, biologie.** La biologie, et la chimie permettent de comprendre le contexte dans lequel les outils statistiques et informatiques doivent s'appliquer.
		2 - Test de fiabilité des modèles créés afin de valider les protocoles mis en place par les chercheurs.			
		3 - Analyse statistique de résultats expérimentaux.			
		4 - Conception et gestion de bases de données (Ex : lorsqu'il faut faire des bilans biologiques sur de nombreux patients à partir de plusieurs paramètres).			
	Recherche sur évolution des maladies de l'homme, mais aussi du vivant en général. (plantes-poissons…) Instituts de recherche, CHU	1 - Recherche sur le génome. Les laboratoires privés et publics investissent beaucoup sur ces recherches pour comprendre les mécanismes de la vie, pour répondre à des enjeux médicaux (le traitement de maladies génétiques), des enjeux agricoles (ex : l'amélioration des plantes).	**Outils statistiques ;** **Théorie des probabilités ;** Outils informatique et autres outils mathématiques.	Algorithmique.	Des compétences couplées sont nécessaires ici : **Mathématique-statistique-informatique et biologie.**
		2 - Recherche sur le cancer et ses évolutions prévisibles	Contrôle dynamique ; Processus stochastiques.		**Mathématiques-statistique-informatique et médecine.**

PRINCIPAUX DÉBOUCHÉS		Quelques exemples d'applications des mathématiques	Outils mathématiques requis	Disciplines et méthodes utilisées	Compétences fortes à maîtriser
ENVIRONNEMENT	La Météorologie	La prévision météo reste un défi scientifique majeur. Elle repose sur un système très complexe qui intègre de nombreux phénomènes physiques et chimiques. Il faut, en partant d'un état initial, tenter de connaître l'état futur en s'appuyant sur les lois d'évolution de l'état de l'atmosphère (lois de la dynamique des fluides, de la thermique,...). **L'application nécessite de :** trouver les équations qui permettent de décrire l'évolution des conditions athmosphériques ; résoudre le système complexe d'équations.	**EDP**, (les équations retenues traduisent des lois pertinentes dégagées). **Analyse numérique**, pour fournir des solutions approchées au système d'équations complexes qui n'a pas de solution analytique. **Modèles bayesiens en Statistique**.	**Analyse et modélisation**, (mise en équation de phénomènes qui ont été répérés pour leur importance). **Maîtrise des gros logiciels et de la modélisation numérique.**	**Mathématiques**, (principalement EDP et analyse numérique) . **Informatique**, (pour pratiquer sur ordinateur la modélisation numérique).
	L'écologie	Comprendre l'influence du climat et de ses changements sur la croissance des forêts. Savoir ajuster en conséquence la gestion des forêts pour atténuer les effets négatifs des changements climatiques. Mettre en place de meilleurs plans de gestion forestière pour améliorer la qualité du bois ou exploiter les forêts de façon écologique.	**EDP**, (pour définir dans un jeu d'équations à "x" variables une multitude de phénomènes physiques, chimiques ou biologiques qui évoluent dans l'espace et dans le temps). **Analyse numérique.**	**Modélisation**,(modéliser les rouages de l'écosystème forestier en simulant son comportement avec le modèle conçu). **Algorithmique**, (les "L. Systèmes" qui permettent de simuler les processus de croissance d'un arbre, par étapes successives, en fonction d'échelles de temps et d'espaces). **Mathématiques et informatique**, pour l'analyse numérique.	**Mathématiques**, (principalement EDP et calcul numérique) appliquées à la problématique forestière. **Informatique**, pour la simulation numérique.

III - DES DÉBOUCHÉS EXTRÊMEMENT VARIÉS

La variété des débouchés concerne les secteurs d'accueil et les types d'applications confiées à de jeunes mathématiciens.

1 - LES SECTEURS D'ACCUEIL

Les jeunes issus de l'université ou des écoles d'ingénieurs sont recrutés essentiellement dans les secteurs suivants :

- les banques ;
- les assurances ;
- le secteur biomédical et médical (CHU, laboratoires pharmaceutiques) ;
- les organismes de recherche ;
- le secteur du conseil-ingénierie (SSII, instituts de sondage et de statistiques, sociétés de consulting) ;
- le secteur marketing des entreprises et des sociétés de service (grande distribution, par exemple) ;
- le secteur audiovisuel, pour les besoins en imagerie et traitement de l'image ;
- le secteur recherche et développement des grandes entreprises et organismes de recherche (aéronautique, aérospatiale, télécommunications, automobile, énergie) ;
- le secteur fabrication des grandes entreprises ;
- le secteur environnement (météorologie, écologie etc.) ;
- le secteur agroalimentaire ;
- le secteur des matériaux, de la chimie.

La variété des secteurs, dont la liste n'est pas exhaustive, prouve que les mathématiciens prennent place dans de nombreux métiers.

2 - LES APPLICATIONS

De même, la grande variété des applications offertes dans chacun des secteurs renforce plus encore cette affirmation. Ces applications très diverses permettent aux jeunes mathématiciens de combiner de façon efficace les outils et méthodes mathématiques acquis durant leurs études, en vue de trouver des réponses pertinentes à des problèmes précis que leur posent d'autres sciences ou disciplines.

À titre d'exemples, ces applications relèvent de préoccupations aussi diverses que :

Concevoir des banques de données et les exploiter en vue de préparer des décisions de diverses natures. Presque tous les secteurs sont intéressés par ces problématiques, et notamment ceux dans lesquels il convient de traiter l'information en masse pour prendre de bonnes décisions. La prise de décision est, en effet, très souvent d'une importance stratégique et les outils mathématiques apportent parfois une aide précieuse : dans les entreprises au niveau commercial avec les enquêtes marketing, au niveau technique avec les tests de fiabilité sur les processus de production, dans le secteur médical et pharmaceutique pour mettre sur le marché de nouveaux médicaments, dans l'agro-industrie pour améliorer la qualité des aliments, dans les secteurs de la banque et de l'assurance pour adapter les produits-services en fonction des typologies de clientèle etc.

Fixer des prix "optimaux" pour les prestations de service en vue de maintenir un bon niveau de rentabilité globale dans des contextes de marché où les risques sont difficiles à maîtriser et où la part d'imprévu est forte (prix des options pour les banques, prix des contrats d'assurances pour les assureurs ou encore prix à pratiquer à la SNCF pour optimiser le remplissage des trains).

Traiter des images, transmettre de l'information et des messages à distance en recourant aux nouvelles technologies de la communication et de l'information (analyse de photos aériennes, transmission d'images et d'information par Internet, imagerie médicale, signal radio, téléphonie portable. etc.).

Réaliser des simulations, faire des essais virtuels qui sont plus rapides et nettement moins onéreux que l'expérience en vue d'améliorer la sécurité des usagers, la fiabilité des produits. Exemples de simulations : choc automobile ; parasitages électromagnétiques, comme par la foudre, affectant les avions ; explosion atomique ; comportements mécaniques : du pneu, des skis, des matériaux en général.

Optimiser la production et la logistique des entreprises industrielles commerciales et de service : il s'agit de contrôler les aléas dans les chaînes de fabrication pour minimiser les pannes et les rebuts, optimiser les ateliers et faire de la gestion des flux tendus dans les entreprises industrielles. Mettre en place les points de stockage et d'entrepôt à des endroits stratégiques sur un espace géographique défini pour maîtriser au mieux les délais et les coûts de stockage.

Étudier le comportement des consommateurs en vue d'en établir des typologies pour leur adapter les produits-services vendus (services marketing des grandes entreprises industrielles, commerciales et de service, instituts de sondage ou grande distribution).

Faire des recherches sur le génome pour comprendre les mécanismes de la vie, les maladies génétiques et leurs évolutions ou faire des recherches sur le cancer pour détecter les évolutions prévisibles.

IV - LES CARACTÉRISTIQUES DU RECRUTEMENT DANS DIFFÉRENTS SECTEURS DE DÉBOUCHÉS

1 - LE SECTEUR DU CONSEIL, DE L'INGÉNIERIE

Ce secteur englobe les instituts de sondage, les sociétés de conseil, les SSII, les prestataires de service dans le domaine de l'imagerie, la transmission à distance de l'information.

Il offre de très grandes possibilités d'embauche aux mathématiciens. Les applications sont multiples, notamment au niveau de la conception de bases de données et de l'exploitation de ces bases ; la mobilité est très importante dans ces sociétés, les jeunes mathématiciens recrutés se faisant souvent "débaucher" par les gros clients de ces mêmes sociétés. Ce secteur a augmenté son nombre de salariés de 32% entre 1996 et 1998 et son CA de 30% sur la même période. Actuellement ce sont 1 212 157 salariés qui y travaillent en France[1].

On trouve de nombreuses PME qui embauchent des jeunes possédant une solide culture mathématique alliée à une bonne connaissance de l'informatique dans une logique de maîtrise du génie logiciel (sur ce secteur, la puissance de calcul informatique est sollicitée). Entre 1996 et 1998, le nombre d'entreprises existantes a augmenté de 20%[2].

2 - LE SECTEUR DES BANQUES ET DES ASSURANCES

Il est aussi très porteur. Les banques recourent aux mathématiciens depuis une décennie environ, alors que cette tendance de recrutement est plus récente au niveau des assurances. Il y a donc un risque de tassement au niveau du secteur bancaire, mais le marché reste encore très porteur au niveau de l'assurance.

Le secteur tertiaire, dont font partie banques et assurances, fournit 65% des emplois en France. En 1999, les groupes bancaires accueillent 400 000 salariés en France mais, sur cette dernière décennie, on observe une baisse des effectifs de 3,7% [2]. Le secteur bancaire contribue à hauteur de 4% au PIB. L'assurance en France est au 4e rang mondial, avec un CA dépassant les 176 milliards d'euros. Elle accueille 146 000 personnes. Entre 1999 et 2000, son CA a progressé de 16,5% et est en continuelle croissance depuis 1996 [3].

Les compétences exigées ici couvrent les mathématiques appliquées aux finances et à l'assurance (statistique-probabilités-actuariat) et l'informatique (maîtrise de logiciels de bases de données).

---

1 Source : base de données ALISSE de l'INSEE.

2 Source : site Internet du ministère des Affaires étrangères

3 Source : Fédération française des sociétés d'assurances

3 - LE SECTEUR DE L'AUTOMOBILE, DU PNEUMATIQUE

Ils recrutent des jeunes issus de formations en mathématiques appliquées pour leurs services recherche-développement en produits et en procédés de fabrication. Les flux sont non négligeables et particulièrement importants du côté des procédés de fabrication afin de répondre à des problématiques comme la gestion des flux tendus, la maîtrise de la qualité, le contrôle des aléas des chaînes de fabrication. Les compétences exigées ici sont très pluridisciplinaires et nécessitent une "culture" probabilités-statistique et une "culture" EDP-calcul scientifique.

L'automobile connaît un grand dynamisme depuis plusieurs années. Ses effectifs salariés sont de 268 000. Depuis 1997, son CA augmente de 8% par an. Les constructeurs continuent de gagner des parts de marché et le secteur investit fortement à la fois en capital et en emplois qualifiés pour la recherche-développement [1].

4 - LE SECTEUR DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

L'industrie française des télécommunications est très compétitive sur la scène internationale et gagne régulièrement des parts de marché.

Les entreprises de ce secteur investissent beaucoup en recherche-développement (jusqu'à 15% de leur CA). Elles recrutent des cadres très qualifiés, notamment dans le domaine des mathématiques car les progrès techniques entraînent un renouvellement rapide des produits.

En même temps, les attentes sont de plus en plus complexes de la part des utilisateurs, qui souhaitent des systèmes ouverts intégrant produits, logiciels et services. Ces systèmes font intervenir différents secteurs : télécommunications, informatique, composants électroniques. Les frontières entre ces secteurs s'estompent et les technologies numériques rendent possible ces synergies. Des mathématiciens sont recrutés pour mettre en œuvre ces technologies de pointe. Les cadres représentent 35% des effectifs du secteur contre 13% pour l'ensemble de l'industrie. Le secteur embauche, les effectifs ont augmenté de 6,2% par an depuis 1994 [1].

5 - LES SECTEURS DE HAUTE TECHNOLOGIE

Les secteurs de haute technologie comme l'aéronautique, l'aérospatiale, offrent des flux de recrutement assez faibles car ils ne font qu'assurer le renouvellement de leurs spécialistes lors des départs à la retraite. En effet, depuis leur naissance, ces secteurs ont recours aux outils mathématiques et informatiques les plus avancés. Ils font appel à des spécialistes de haut niveau qui ont accumulé une très grande expérience dans leur métier. Il faut environ 6 ans pour être opératoire dans ces disciplines. Les personnels se renouvellent peu, donc le marché de l'emploi est relativement saturé. Un jeune ingénieur, recruté au CNES par exemple, y fera sans doute carrière, s'il donne satisfaction. Il sera recruté pour ses compétences mathématiques larges assorties de compétences en mécanique des fluides, en mécanique céleste, en traitement du signal, en génie logiciel. Ce secteur est en effet gros consommateur de calculs numériques lourds.

Dans ces secteurs, l'effectif salarié stagne ou a tendance à diminuer. Il a perdu 3,3% entre 1996 et 1999 tandis que le CA s'accroît de 34% sur la même période. L'effectif salarié était de 77 214 en 1999 [2].

---

1 Ministère de l'Économie et des Finances : "*Le 4 pages des statistiques industrielles*"

2 Statistiques de l'INSEE

V - UN NOMBRE IMPORTANT DE DÉBOUCHÉS AUX FRONTIÈRES DE PLUSIEURS DISCIPLINES

1 - LA BIOLOGIE, LES STATISTIQUES ET L'INFORMATIQUE (SECTEUR MÉDICAL)

Ces disciplines sont souvent en synergie dans le médical et le bio-médical. Prenons deux exemples parmi d'autres :

Dans le cadre du développement d'un nouveau médicament, les laboratoires pharmaceutiques collaborent avec les médecins et bio-statisticiens pour les essais cliniques. L'autorisation d'introduction sur le marché du nouveau médicament n'est accordée qu'après examen et validation d'un dossier adressé par le laboratoire à l'Agence du médicament dépendant du ministère de la Santé. Ce dossier contient les résultats d'essais cliniques pratiqués sur des sujets sains. Les données recueillies (socio-démographiques, biologiques, cliniques) sont analysées et interprétées grâce aux compétences croisées des médecins, biologistes, statisticiens et informaticiens et viennent nourrir le dossier évoqué ci-dessus. Des équipes pluridisciplinaires sont donc constituées autour de cette problématique.

Pour comprendre certaines maladies génétiques, et pouvoir les traiter, on recourt aux techniques de séquençage du génome humain. En prenant appui sur la connaissance de l'ADN, la génétique est devenue moléculaire et une activité industrielle de grande ampleur s'est mise en marche pour repérer l'enchaînement des bases moléculaires. "*Une fois le génome séquencé, il faut comprendre la signification biologique des séquences obtenues, ce qui nécessite des méthodes informatiques, statistiques et algorithmiques adaptées* [1]". Les méthodes algorithmiques [2], notamment, permettent d'extraire les données pertinentes qui permettront de localiser les virus à l'origine de maladies. L'enjeu de ces recherches est donc de découvrir les causes de certaines maladies génétiques et de donner des pistes pour les traiter. Une collaboration étroite est pratiquée entre biologistes, informaticiens et mathématiciens.

Conclusion. Au croisement de ces disciplines, on constate que des équipes sont constituées et s'apportent des éclairages mutuels sur fond de compétences très complémentaires. Les bio-statisticiens sont très recherchés sur le marché du travail alors que les formations adaptées n'en produisent qu'un nombre très restreint actuellement.

2 - LES MATHÉMATIQUES, L'ACTUARIAT, L'ÉCONOMÉTRIE ET L'INFORMATIQUE (BANQUES ET ASSURANCES)

Ces disciplines se combinent dans les raisonnements appliqués aux finances et aux assurances. Ces outils sont indispensables pour fixer les prix de produits financiers et des primes de contrats d'assurance, compte tenu des nombreux risques ayant pour origine le marché ou le client. Ici la culture mathématique dominante est de type statistique, mathématiques financières. La compétence informatique correspond à la maîtrise de logiciels statistiques "lourds". D'une manière générale, ces métiers sont proposés à des personnes qui maîtrisent à la fois probabilités et statistique, finances et informatique.

Dans toutes les missions confiées par les secteurs banque-assurances, ces diverses compétences sont utilisées de façon combinée, avec un poids différent pour chacune en fonction de la mission confiée. Il y a souvent une compétence essentielle (ou statistique-probabilités, ou finances, ou informatique) qui se trouve mobilisée de façon dominante, tandis que les autres le sont de façon plus marginale, en fonction des missions.

Conclusion. On trouve, dans les formations existantes sur le marché, des personnes qui ont ces compétences croisées. Les ingénieurs formés en mathématiques financières et à l'actuariat [3] sont de très bon niveau en France**.** Par contre, lorsqu'il s'agit de coupler des compétences en économie (macro-économie et économie pure et politique) et en statistique, il faut le plus souvent créer des équipes mixtes de macro-économistes et de spécialistes d'analyse de données (issus de L'ENSAE par ex.), car il est très rare de trouver chez une même personne la maîtrise de ces deux cœurs de métiers.

---

1 Source : *"Les mathématiques dans la vie quotidienne*", publié par la Société mathématique européenne
2 On se référera à la définition de l'algorithmique dans le lexique
3 On se référera à la définition de l'actuariat dans le lexique

3 - PROBABILITÉS, STATISTIQUE ET INFORMATIQUE.

Elles sont utilisées ensemble dans de nombreuses applications où l'imprévu et le hasard dominent. Les probabilités sont très utiles dans les mécanismes décisionnels en univers incertain. Avec l'informatique, des simulations aléatoires peuvent être réalisées afin d'aider à la prise de décision dans de nombreux cas, comme l'évaluation des risques financiers (risques sur les marchés pour les banques), les mesures d'audience des médias par des instituts de sondage, les prévisions d'appel sur téléphone portable pour optimiser le déploiement du réseau, la recherche de la meilleure politique de prix à mettre en œuvre par les compagnies de chemin de fer pour assurer le remplissage des trains, le contrôle des aléas dans les chaînes de fabrication (en vue de minimiser les pannes et les défauts de qualité, les études de sûreté de fonctionnement.

Conclusion. Ces métiers sont confiés à des personnes ayant reçu des doubles formations en statistique-probabilités et informatique ou en mathématiques avec de solides acquis en modélisation, optimisation pour prévisions, aides à la décision. Ces compétences existent sur le marché de la formation. Ont été citées des écoles comme l'ENSAE, l'ISUP, l'École des mines de Nantes, mais aussi de nombreux DESS et DEA (ex. : DESS de statistique-sondage, de statistique-économétrie, de statistique appliquée au marketing, DEA de mathématiques appliquées).

Toutefois, les entreprises citées font remarquer qu'il y a peu d'endroits en France où est enseignée la statistique à haut niveau tournée vers les applications. On accuse un vrai retard dans cette thématique, à l'opposé de ce qui se passe en Amérique du Nord et dans d'autres pays européens.

4 - LA STATISTIQUE, L'INFORMATIQUE ET LA GESTION.

Les compétences combinées (techniques du marketing- analyse de données-maîtrise de logiciels ou de techniques d'exploitation de données comme le *data-mining* [1] sont utilisées notamment dans les services marketing des entreprises industrielles ou de service, des banques-assurances, etc. Elles permettent d'étudier le comportement des consommateurs en vue d'en établir des typologies pour leur adapter les produits-services vendus, et d'analyser des données multiples en provenance des marchés.

Conclusion. On trouve ces compétences sur le marché de la formation, notamment dans les DESS de statistique et tout particulièrement dans ceux appliquée à la gestion de l'entreprise, ou de statistique croisée avec de l'économétrie, ou dans des écoles comme l'ENSAI de Rennes. Mais, comme cela a déjà été dit, il y aurait encore beaucoup de possibilités à explorer par le système éducatif pour former davantage de jeunes aux statistiques appliquées.

5 - LA MÉCANIQUE, LES MATHÉMATIQUES ET L'INFORMATIQUE (RECHERCHE-DÉVELOPPEMENT DES ENTREPRISES)

Ces disciplines sont sollicitées de manière complémentaire dans des applications concernant les secteurs recherche-développement des firmes. Souvent elles se combinent ainsi : mécanique des solides ou mécanique des fluides, voire mécanique céleste, et mathématiques ("culture" dominante EDP [2], calcul scientifique et analyse numérique [3] et informatique (génie des logiciels utilisés pour leur puissance de calcul). Les applications dans ce domaine ont par exemple pour but de :

- prévoir la résistance des structures, des matériaux et leur déformation : par exemple, le pneumatique ou le ski en ayant recours à la modélisation mécanique ; les résultats des simulations permettent d'adapter les modes d'élaboration des produits mis sur le marché afin d'en augmenter la sûreté et la fiabilité de fonctionnement ;

---

1 On se référera à la définition du *data-mining* dans le lexique

2 On se référera à la définition des équations à dérivées partielles (EDP) dans le lexique

3 On se référera à la définition de l'analyse numérique dans le lexique

- simuler des chocs d'accident et les dommages qui en découlent au plan corporel en recourant à une modélisation mathématique dans laquelle sont incorporées les lois physiques, mécaniques, biologiques et médicales ; ainsi des réponses peuvent être apportées dans la conception des véhicules pour améliorer la sécurité des automobilistes ;

- envoyer des sondes et satellites sur orbite au moindre coût avec la plus grande précision possible dans le secteur aérospatial : le CNES étudie, par exemple, la trajectoire optimale d'une sonde, le lancement et le maintien sur orbite d'un satellite par la théorie du contrôle optimal et la mécanique céleste, grands consommateurs de calculs numériques.

Ces trois exemples d'applications ne prétendent évidemment pas à l'exhaustivité.

Conclusion. Sur des applications de ce type sont recrutés des jeunes scientifiques ayant reçu une formation solide en mathématiques (reposant sur des outils empruntés à la "culture" mathématique EDP, analyse numérique, calcul scientifique), assortie d'une maîtrise du génie logiciel ainsi que d'une "culture" en mécanique.

Des formations aux confins de ces disciplines existent. (exemples : Sup Aéro cité par le CNES, ENSEEIHT de Toulouse, école des mines, école des ponts et chaussées ...).

6 - LA PHYSIQUE, LA CHIMIE, LES MATHÉMATIQUES ET L'INFORMATIQUE (RECHERCHE EN MILIEU INDUSTRIEL)

En milieu industriel, de nombreux physiciens et chimistes sont recrutés pour pratiquer la modélisation et la simulation afin de prévoir les comportements des procédés industriels, des produits et des matériaux. Ces comportements varient en fonction de paramètres multiples à circonscrire. La connaissance des lois physiques, thermiques, mécaniques, chimiques permet de recourir à la modélisation pour décrire sur ordinateur des phénomènes prévisibles découlant de contraintes imposées aux structures observées (procédés- produits - matériaux) ; l'ingénieur physicien ou chimiste recourt alors à l'outil mathématique des équations à dérivées partielles [1] pour modéliser une réalité très complexe, et aux méthodes d'analyse numérique [1] pour trouver des solutions approchées à ces systèmes d'équations complexes, comme "la méthode des éléments finis" [1].

La modélisation et la simulation s'appliquent donc aux :

- procédés industriels afin de décrire le fonctionnement prévisionnel de ces procédés qui sera induit par la modification de paramètres sensibles ; prenons l'exemple d'usines immenses de fabrication de verre où sont installés des fours d'environ 200 m^2 qui fonctionnent à très haute température : le physicien va recourir à l'outil mathématique évoqué pour prévoir les divers scenari de fonctionnement de ces fours en fonction de changement de paramètres ;

- produits, pour décrire ce que seront les caractéristiques prévisionnelles du produit final fabriqué à partir d'une combinaison variable de composants ; prenons l'exemple du verre fabriqué à partir de 10 à 15 composants, qui peuvent être choisis à l'intérieur d'une large palette : il a des caractéristiques et qualités différentes en fonction de la nature de la combinaison choisie pour les composants ; la modélisation et simulation pourront s'appliquer aussi aux réactions prévisionnelles de pièces (constitutives d'un ensemble plus vaste, comme des pièces de moteur de voiture) soumises à des contraintes mécaniques, thermiques ; les outils mathématiques permettent ici de prévoir les niveaux de température atteints par ces pièces et d'envisager à quel moment, et de quelle manière, il faut intervenir pour les refroidir ;

- matériaux. Les méthodes mathématiques permettent, une fois les décompositions faites du matériau, atome par atome, par le chimiste, de procéder, par la modélisation, puis par la simulation, à des recombinaisons moléculaires infinies afin de construire par le calcul numérique des solutions en réponse à des propriétés idéales à trouver pour le matériau.

---

[1] On se référera à chacune de ces définitions dans le lexique

Conclusion. Sur des applications de ce type sont recrutés de jeunes ingénieurs, plutôt physiciens, chimistes (qui ont une bonne connaissance des matériaux), qui maîtrisent la "culture" mathématique EDP, les méthodes d'analyse numérique, le calcul scientifique. Le maître mot des problématiques ici évoquées est la complexité en milieu industriel. Les méthodes de modélisation-simulation sont systématiquement utilisées.

Il s'agit d'établir les lois physiques et chimiques auxquelles obéissent les procédés, les produits ou composants observés, lorsqu'ils sont soumis à des changements de paramètres, à des contraintes d'ordre physique au sens large (mécaniques, thermodynamiques etc.), puis d'appliquer des méthodes d'analyse numérique qui permettront d'accéder aux solutions approchées du système d'équations complexes.

7 - LES MATHÉMATIQUES ET L'INFORMATIQUE (SOCIÉTÉS DE SERVICE, CONSEIL)

Ces deux disciplines sont sollicitées en même temps dans les sociétés de service (SSII-consulting-instituts de sondage) et dans les sociétés dont le métier est de transmettre de l'information à distance.

Les sociétés de service créent des bases de données et les rendent opératoires pour la prise de décision, soit pour leur propre compte (ex. : institut de sondage), soit pour le compte de leurs clients (SSII). Leurs interventions les amènent à mobiliser des outils statistiques et probabilistes ainsi que des outils informatiques (gros logiciels) afin de recourir à des méthodes d'aide à la décision.

Les sociétés qui transmettent de l'information (voire qui créent des supports pour la transmettre) doivent s'assurer de la fiabilité des messages ou images transmis (téléphonie portable, photos satellitaires, imagerie médicale) et de la sauvegarde de leur caractère confidentiel (paiement électronique par Internet, carte bleue, carte à puce).

Toutes utilisent des mathématiques (en puisant dans des outils assez larges tels que techniques d'analyse mathématiques discrètes calcul formel, théorie des nombres, algèbre appliquée mais aussi théories des probabilités) ainsi que l'informatique pour coder (transmission, compression d'images), tester des algorithmes [1] (afin de se prémunir contre "les piratages informatiques"), faire de l'analyse numérique [1].

Conclusion. Ces métiers aux frontières des mathématiques et de l'informatique sont confiés à des scientifiques ayant une double "culture" mathématique (couvrant une large palette d'outils maîtrisés) et informatique (maîtrise du génie logiciel ou maîtrise de gros logiciels). On trouve de nombreuses formations de ce type sur le marché de la formation.

VI - UNE TRÈS PUISSANTE EXPANSION DE LA STATISTIQUE ET DE L'INFORMATIQUE

1 - LA STATISTIQUE

On la trouve dans un nombre important d'applications.

Les statisticiens sont les interlocuteurs privilégiés de nombreux décideurs aux problématiques très diverses, en liaison avec les différents métiers qu'ils exercent. Leur travail de compilation et de conversion de l'information collectée en information pertinente pour la prise de décision est utile en amont de décisions bio-médicales (ex. : faut-il, après avoir analysé les résultats d'essais cliniques, mettre ou non un médicament testé sur le marché ?), de décisions financières (faut-il intervenir sur le marché des actions, des obligations pour un opérateur sur les marchés financiers ?), de décisions marketing (comment adapter la politique de produits services en fonction des segments de clientèle repérés ?) et de décisions techniques (comment améliorer les processus de fabrication après avoir repéré les aléas sur les chaînes de fabrication ?) On peut constater que la panoplie des applications est large et que cette branche des mathématiques appliquées est particulièrement sollicitée.

Conclusion. On relève un point de vue convergent chez les interlocuteurs interrogés : les filières de formation ne mettent pas à disposition du marché du travail les compétences recherchées dans ces domaines, tant au niveau quantitatif (on manque de statisticiens) qu'au niveau qualitatif (on manque de statisticiens bien formés aux applications).

---

[1] On se référera aux définitions correspondantes dans le lexique

2 - L'INFORMATIQUE

Elle est présente dans la presque totalité des applications :

Cette discipline est sollicitée en liaison avec la statistique, c'est-à-dire dans des domaines multiples et variés (la maîtrise de gros logiciels est requise ici ainsi que celle de nouvelles techniques pour créer des architectures de données pertinentes préparant la décision, par exemple le "*data-mining*").

L'informatique est sollicitée également en liaison avec d'autres disciplines mathématiques, comme l'algorithmique, l'analyse numérique. Nous prendrons ici deux exemples :

- la transmission sécurisée de l'information qui recourt aux théories du codage, à la cryptographie [1], aux algorithmes [1] correspondants ; ici on a besoin des compétences spécialisées du mathématicien-informaticien (sociétés de service – imagerie – transmission de l'information, de l'image etc.) ;

- le calcul numérique [1] qui permet la résolution (approchée) d'un système d'équations aux dérivées partielles [1] bâti sur fond de modélisation mathématique complexe pour reproduire le mieux possible la réalité (ex : modèle de prévision météorologique, envoi d'engins spatiaux sur orbites, simulation de chocs d'accident dans l'automobile, etc.) ; pour cela la puissance de l'ordinateur est utilisée afin de réaliser des calculs numériques volumineux qui permettront "d'atteindre des résultats représentant une bonne approximation des vraies solutions" [2].

Conclusion. Les compétences exigées pour un mathématicien appliqué combinent le plus souvent les mathématiques et l'informatique. Les doubles formations qui allient mathématiques ou statistique à l'informatique sont très porteuses en termes de débouchés. Il y a des cœurs de métiers respectivement en mathématiques et en informatique qui se combinent très bien :

- exemple 1 : statistique et maîtrise de gros logiciels ;
- exemple 2 : mathématiques (large palette d'outils dont EDP et calcul scientifique) et maîtrise du génie logiciel, des codes industriels ;
- exemple 3 : mathématiques pures (théorie des nombres premiers, calcul formel) et techniques informatiques comme la cryptographie, la compression d'image, le traitement du signal.

VII - CHAQUE APPLICATION DES MATHÉMATIQUES FAIT APPEL À UNE CULTURE DOMINANTE

On observe en réalité trois "cultures" dominantes :

1 - LA "CULTURE" STATISTIQUE ET PROBABILITÉS

Les outils statistiques sont très sollicités pour la construction de bases de données et l'exploitation pertinente de ces bases en vue de créer de l'information décisionnelle (le tableau de synthèse donne des exemples dans la banque, l'assurance, les instituts de sondage, les SSII, les services marketing des grandes entreprises, les laboratoires pharmaceutiques).

Les outils probabilistes sont utilisés pour la prise de décision dans les contextes où l'incertain et le hasard prévalent. Ainsi, on les retrouve dans les procédures de fixation des prix de produits-services dans les banques et les assurances, de mesure d'audience sur les principaux médias, de contrôle d'aléas dans les chaînes de fabrication, de transmission d'information à distance, de recherche sur les évolutions prévisibles de cancers.

---

[1] On se référera aux définitions correspondantes dans le lexique

[2] Source : *"Les mathématiques dans la vie quotidienne*", publié par la Société mathématique européenne

2 - LA "CULTURE" EDP, CALCUL SCIENTIFIQUE ET ANALYSE NUMÉRIQUE

Elle domine dans trois types d'applications essentiellement :

- la création de logiciels (activité des SSII) ;
- la transmission de l'image (secteur de l'imagerie numérique : par exemple, restauration d'une image améliorée à partir d'une image floue grâce à la détermination des informations redondantes) ;
- les secteurs industriels. Ces secteurs consomment, en effet, des calculs "lourds" sur ordinateur pour simuler des phénomènes complexes qui ont été modélisés à partir de lois physiques. Parmi ceux-ci, on citera l'aéronautique (prévoir les conséquences de la foudre sur un avion), l'aérospatiale (calculer la trajectoire optimale d'une sonde), l'automobile (simuler des chocs d'accident et leurs conséquences en termes de dommages corporels, ainsi que des réactions de pièces et d'organes de moteur à des chocs thermiques), l'énergie (simulation d'une explosion atomique), la fabrication du verre (prévisions de la teneur du verre en fonction des combinaisons infinies des composants choisis) etc.

En conséquence, on remarque que les secteurs qui vendent de la prestation de service sophistiquée (logiciels, traitement d'image) ainsi que les secteurs industriels lourds (aéronautique, automobile, pneumatique, industrie du verre etc.) font appel de façon dominante à la "culture EDP et analyse numérique" lorsqu'ils utilisent les outils mathématiques, pour apporter des réponses à leurs problématiques.

Dans cette "culture", le mathématicien travaille en deux temps. Tout d'abord, il établit, dans une phase de modélisation, les lois physiques auxquelles obéissent les structures en jeu, en fonction des contraintes (mécaniques, thermiques thermodynamiques etc) auxquelles, elles sont soumises et qu'il a identifiées. Il aboutit dans cette phase, à un ensemble d'équations (équations à dérivées partielles) qui décrivent approximativement le comportement du système étudié en fonction des paramètres programmés. La résolution de ce système d'équations complexes par des méthodes analytiques n'est pas possible. Aussi, dans une 2e phase, le mathématicien fait appel à une solution approchée en recourant à une méthode d'analyse numérique au moyen de l'ordinateur. Une des méthodes les plus puissantes pour cette résolution s'appelle "la méthode des éléments finis"[1].

3 - LA "CULTURE" MATHÉMATIQUES DISCRÈTES, FACTORISATION DES GRANDS NOMBRES, THÉORIE DES CODES CORRECTEURS D'ERREURS

Cette "culture" domine dans le secteur des nouvelles technologies de l'information et de la communication pour la communication de messages à distance en bonne sécurité et à niveau de bruit minimal, pour la transmission d'images sur réseaux informatiques, la transmission des signaux radio, la fabrication des cartes à puce. Cette culture est très porteuse et fait appel à de nombreux outils utilisés en mathématiques pures traditionnelles.

Conclusion. En fonction du type de "culture" dominante maîtrisée, le jeune scientifique sera plutôt orienté vers tel ou tel type d'application dans les secteurs industriels ou de service.

---

[1] On se référera à la définition de la méthode des éléments finis dans le lexique.

VIII - MODÉLISATION MATHÉMATIQUE ET SIMULATION NUMÉRIQUE : UN CHAMP D'APPLICATION UNIVERSEL

1 - DE NOMBREUSES APPLICATIONS RECOURENT À LA MODÉLISATION

- Soit en prenant appui sur des bases de données existantes pour présenter l'information sous forme d'un modèle apte à préparer les décisions de type stratégique (modélisation dans les secteurs bancaires, assurances, dans les services marketing des entreprises ; recours aux outils d'analyse des données, par exemple) ; la "culture" dominante relève des statistiques et probabilités, appliquées le plus souvent à l'économie, la gestion et la finance ; la maîtrise de gros logiciels existants sur le marché est requise ;

- Soit en prenant appui sur des modèles mathématiques ambitionnant de traduire par des jeux d'équations à plusieurs variables des réalités elles-mêmes très complexes. (cf. les exemples pris dans l'automobile, la météorologie, l'écologie) ; la "culture" dominante est ici celle des EDP et du calcul scientifique (analyse numérique) dans la résolution des équations ; la maîtrise du génie logiciel est ici importante.

2 - LA SIMULATION COMPLÈTE GÉNÉRALEMENT LA MODÉLISATION

Elle offre un gain de temps et une maîtrise des coûts importants par rapport à l'expérience. Elle permet de résoudre, par des procédés numériques élaborés, des jeux complexes d'équations (les EDP), qui ne peuvent trouver de solution par la voie analytique. En discrétisant les équations, ces procédés peuvent fournir une bonne approximation des solutions.

Conclusion. Les formations qui transfèrent des compétences fortes au niveau des méthodes de modélisation, d'optimisation, de simulation ont des débouchés assurés sur le marché du travail.

IX - EN CONCLUSION DES COMMENTAIRES DU TABLEAU [1]

1 - LES MATHÉMATIQUES SONT TRÈS PRÉSENTES DANS LES APPLICATIONS INDUSTRIELLES, COMMERCIALES, DE SERVICE

Les outils et méthodes mathématiques sont de plus en plus sollicités dans de multiples secteurs de l'économie

Bien que cela ne soit pas réellement visible, l'apport de cette utilisation a de fortes retombées sur notre vie quotidienne : amélioration de la sécurité des produits mis sur le marché, progression dans le traitement des maladies, accès à des images et messages de qualité transmis à distance. La liste n'est pas exhaustive.

2 - LA PLUPART DES BESOINS DES ENTREPRISES SE TROUVENT AUX FRONTIÈRES DE PLUSIEURS DISCIPLINES

Pour répondre à ces besoins, les entreprises ont des stratégies différentes en matière de recrutement, selon les disciplines ou cœurs de métiers à croiser :

- lorsque les disciplines à croiser sont éloignées entre elles et qu'on ne peut trouver en une seule personne toutes les compétences requises réunies, on constitue des équipes mixtes, pluridisciplinaires à l'intérieur desquelles s'opèrent des transferts de compétences et se met en place la formation mutuelle (exemple 1 : des biologistes et des médecins avec des statisticiens et informaticiens dans des laboratoires pharmaceutiques ; exemple 2 : des économistes purs et des statisticiens spécialisés en analyse de données dans le secteur bancaire) ;

---

[1] Commentaires des paragraphes III à VIII

- lorsque les disciplines à croiser sont plus proches (exemple : mathématiques au sens large et informatique), on recrute de jeunes mathématiciens ayant une solide formation aux confins de cette double culture scientifique, car ce type de formations existe, qui associent des cœurs de métiers avec des disciplines mathématiques et informatiques complémentaires ;
- lorsque les disciplines à croiser exigent la maîtrise d'outils mathématiques tournés vers une discipline particulière (ex. : mathématiques statistiques appliquées aux finances, statistiques appliquées à la biologie, statistiques et probabilités appliquées à l'informatique), on recrute des jeunes ayant suivi une double formation ou ayant fait une année de spécialisation qui leur permet d'adapter leur culture mathématique à une discipline porteuse sur le marché du travail (exemples : formations d'actuaires, formations aux mathématiques financières, formations aux bio-statistiques etc.) ; des formations de type DEA et DESS de cette nature existent.

Il est à noter que, si l'on trouve facilement des compétences en mathématiques financières et en actuariat [1] sur le marché de la formation, on en trouve beaucoup plus difficilement en bio-statistiques ou bio-mathématiques, voire en statistique tournée vers des applications complexes (dont la maîtrise de gros logiciels).

3 - DANS LA PLUPART DES APPLICATIONS INDUSTRIELLES, STATISTIQUE ET INFORMATIQUE SONT FORTEMENT SOLLICITÉES

Cette tendance lourde qui s'exprime sur le marché du travail milite en faveur :

- du développement des formations à la statistique en France, le marché actuel de la formation ne mettant pas suffisamment de compétences de ce type à disposition des employeurs, à la fois en termes de flux de personnes formées et en termes de niveau de maîtrise des applications statistiques ;
- de la nécessité d'introduire, dans toutes les formations aux mathématiques appliquées, des modules significatifs d'informatique ; néanmoins, comme nous l'avons évoqué, il y a des cœurs de métiers qui correspondent à une combinaison judicieuse de disciplines et outils en mathématiques avec des disciplines et outils en informatique, pour donner aux jeunes diplômés des compétences couplées dont le marché du travail a grand besoin.

X - LA COMPLÉMENTARITE DES MÉTIERS DU MATHÉMATICIEN

1 - LES MATHÉMATIQUES ET LES AUTRES HORIZONS DISCIPLINAIRES

Faire des mathématiques appliquées revient à utiliser les mathématiques en les tournant vers d'autres disciplines comme la physique, la biologie, la chimie, la mécanique, la gestion, l'économie, etc. Le mathématicien appliqué travaille sur des problèmes souvent issus d'autres horizons que ceux des mathématiques, et y introduit ses outils et méthodes mathématiques. On peut donc dire que les mathématiques appliquées se sont développées sous l'impulsion de, et en association avec, d'autres disciplines.

2 - LA RECHERCHE EN MATHÉMATIQUES ET LES APPLICATIONS DANS LE MILIEU SOCIO-ÉCONOMIQUE

Les inventeurs d'applications remontent le plus souvent à la théorie : de nombreux employeurs expliquent que, face à un problème rencontré, il est demandé au mathématicien appliqué de puiser dans l'ensemble de ses connaissances, dans la "boîte à outils" qu'il maîtrise, pour apporter une solution. S'il ne parvient pas à mobiliser une méthode ou un outil existant pour apporter une réponse pertinente à la problématique qui lui est confiée, alors il devra en inventer d'autres, "créer un petit morceau de théorie" qui viendra s'ajouter à la boîte à outils existante et l'enrichir, ce qui correspond à la démarche du chercheur dans son laboratoire.

Les recruteurs de jeunes mathématiciens appliqués sur le marché du travail sont très demandeurs de collaborations avec le milieu de la recherche en mathématiques. En effet, certaines entreprises passent des contrats avec des laboratoires de recherche universitaires ou des organismes de recherche pour développer "le morceau de théorie" qui leur manque pour résoudre un problème souvent très spécialisé ou non classique.

---

[1] On se référera à la définition de l'actuariat dans le lexique

De nombreuses entreprises cherchent à recruter (parfois sans les trouver) des doctorants ou des docteurs pour leur capacité potentielle à développer un nouvel outil ou une nouvelle méthode face à un problème industriel qui ne peut être résolu en l'état actuel des outils existants.

Les mathématiciens ont inventé de nombreux outils mathématiques qui ont eu une utilité extrêmement forte dans les applications. On peut évoquer tous les outils créés pour les banques et les assurances (outils de mathématiques financières, théorie des probabilités et actuariat). Le secteur bancaire fait le constat qu'un certain nombre de formations en France ont une excellente capacité d'anticipation, car des techniques et outils novateurs, qui seront opératoires dans quelques années seulement, y sont déjà enseignés. C'est grâce aux recherches en mathématiques que les banques ont pu recruter depuis une dizaine d'année des ingénieurs qui leur ont permis de minimiser les risques de diverses natures (risques de baisse brutale des cours de bourse, risque de détérioration financière brutale de certains gros clients, etc.) et d'accroître la rentabilité des sociétés. De la même façon, les mathématiciens ont fourni de nombreux outils dans les secteurs de transmission de l'information, transmission d'images et de messages à distance. Les nouvelles technologies d'information et de communication mobilisent des outils et méthodes mathématiques purs tels que les techniques d'analyse, les théories complexes de probabilités, la cryptographie, la théorie de la logique mathématique pure au service de l'informatique.

3 - LES TROIS SOCIÉTÉS SAVANTES (SMAI, SMF ET SFdS) MANIFESTENT UNE VOLONTÉ DE RAPPROCHEMENT

Il existe trois sociétés savantes françaises auxquelles adhèrent les mathématiciens : la Société mathématique de France (SMF), la société de mathématiques appliquées et industrielles (SMAI) et la Société française de statistique (SFdS). Les mathématiciens appliqués adhèrent souvent à plusieurs d'entre elles.

La SMF et la SMAI sont chacune convaincues du caractère bien flou de ladite frontière entre les deux "cultures" mathématiques et de l'intérêt croissant qu'il peut y avoir, pour les mathématiques en général, de favoriser le rapprochement et les synergies. Il faut rappeler que la SMAI s'est constituée à partir de la SMF en nouvelle société savante, dans le but de mieux promouvoir et diffuser la "culture" mathématiques appliquées.

En parallèle, la Société française de statistique (SFdS) regroupe la plupart des statisticiens.

Les présidents de chacune de ces sociétés, rencontrés lors de cette enquête, pensent qu'il n'y a aucun intérêt à cultiver les frontières pour toutes les raisons ci-dessus évoquées. Il y a continuité entre les mathématiques pures et appliquées et grand bénéfice à attendre d'interactions renforcées entre les mathématiques dites appliquées et celles dites pures. Les mathématiques appliquées jouissent clairement d'une reconnaissance croissante dans de nombreux milieux (économique, social, médical, environnement etc.).

4 - DES DIFFICULTÉS SUBSISTENT CEPENDANT DANS LE SYSTÈME UNIVERSITAIRE

Deux exemples peuvent être cités :

- les recherches appliquées menées en statistique sont souvent peu valorisées, faute d'être perçues comme académiques. Sans doute est-ce une des raisons non négligeables du déficit d'enseignement de la statistique dans l'enseignement supérieur français, dont se plaignent tous les employeurs ; il serait souhaitable que les statisticiens s'intéressent à cette question et formulent des propositions constructives pour donner de l'ampleur à leur discipline ;
- la cryptographie, qui est à l'interface des trois sections 25, 26 et 27 du CNU, peine à trouver sa place dans l'une ou l'autre de celles-ci.

D'une manière générale, il faut encourager une évolution des mentalités dans le système universitaire, de telle sorte que les recherches appliquées trouvent mieux leur place dans le dispositif d'évaluation de la recherche et que les enseignants de mathématiques véhiculent une image plus positive des mathématiques appliquées auprès de leurs étudiants.

XI - LES QUALITÉS ATTENDUES D'UN CADRE RECRUTÉ DANS LE DOMAINE DES APPLICATIONS MATHÉMATIQUES

1 - QUALITÉS INTELLECTUELLES ET PROFESSIONNELLES

Comme dans de nombreux domaines où les emplois sont très qualifiés, les employeurs qui recrutent des cadres dans le domaine des mathématiques attendent de ceux-ci :

Une capacité au raisonnement, à l'abstraction, à la conceptualisation et à la rigueur. Il s'agit de savoir situer le problème posé dans un champ donné et de mobiliser toutes ses connaissances pour extraire le ou les bons outils, voire pour en inventer d'autres si la "boîte à outils" disponible ne permet pas d'accéder à la solution.

En fait, le mathématicien appliqué fait tout autre chose que mettre en oeuvre "des recettes". Exemple : lorsqu'il recourt aux outils informatiques, il utilise de gros logiciels mais doit pouvoir modifier des paramètres, les faire évoluer, car il maîtrise la mécanique intellectuelle qui sous-tend le fonctionnement du logiciel.

De la créativité au niveau intellectuel. Il s'agit d'être capable dans certaines situations "d'ajouter des morceaux de théorie à ce qui existe déjà pour enrichir sa boîte à outils" (ceci est vrai notamment dans les industries de haute technologie au niveau de la recherche du développement : dans l'aéronautique, l'aérospatiale, dans des organismes de recherche où il faut souvent inventer de nouveaux outils qui enrichissent la théorie). Un mathématicien appliqué est confronté à une multitude de problèmes, venant d'autres sciences, qui ne sont pas résolus. Il doit donc être capable de construire de nouveaux outils théoriques lorsqu'il n'a pas trouvé satisfaction dans des modèles existants.

Une connaissance des organisations au sens large, une culture d'entreprise. Le mathématicien appliqué doit être capable de s'adapter vite à une culture qu'il connaît mal et qui a ses propres codes. Il doit être en mesure d'évaluer les conséquences socio-politiques, sur l'organisation, de l'introduction du nouvel outil qu'il développe et de mettre en place une stratégie de communication autour de son projet en direction des décideurs et utilisateurs.

Les qualités attendues plus spécifiques à la discipline mathématique sont les suivantes :

Une maîtrise de l'incertain et de la complexité. Beaucoup d'applications mathématiques se font dans des domaines où l'imprévu et l'aléatoire dominent, où le champ des contraintes et des phénomènes interactifs à prendre en considération est élevé. Il s'agit donc d'être familier avec un certain nombre d'outils (probabilistes notamment, de méthodes comme l'optimisation, l'aide à la décision). "*Il faut notamment savoir travailler sur de la modélisation couplée, appréhender les choses en suivant une logique de strates, c'est-à-dire en s'intéressant dans un premier temps à une vision assez globale, synthétique, du problème, puis, dans un deuxième temps, en examinant avec une loupe un point particulier, puis un autre, etc… Le mathématicien appliqué doit maîtriser et comprendre des échelles multiples ; il ne peut pas se concentrer sur un point de vue unique*" [1].

Une approche multidisciplinaire. La plupart des applications innovantes sont aux frontières de plusieurs disciplines ou métiers, comme nous l'avons vu précédemment. Il faut donc avoir une capacité à s'insérer dans d'autres cultures proches ou plus éloignées de la sienne.

2 - QUALITÉS PERSONNELLES ET COMPORTEMENTALES

Les employeurs attendent d'un bon professionnel des applications mathématiques les qualités usuelles d'un bon responsable en recherche-développement :

Une aptitude à l'écoute. Le mathématicien doit avant tout bien comprendre le besoin de son client, la problématique dans laquelle il se situe, afin de lui proposer une solution adaptée.

---

[1] Citation de la SMAI.

Une attitude ouverte. En effet, les outils et les méthodes se renouvellent beaucoup dans ce métier ; il faut s'efforcer de ne jamais être prisonnier de la routine, du quotidien, afin de suivre les évolutions. Il faut être curieux, aller chercher l'information là où elle se trouve.

Une capacité à communiquer, à convaincre. Le mathématicien est amené à communiquer avec celui qui a exprimé le besoin. Par exemple, pour le séquençage du génome, le biologiste va interroger le statisticien. Dans cet exemple, le statisticien met en œuvre des outils pour analyser ce qui lui est demandé. Il va soulever des problèmes et les soumettre au biologiste. Il doit faire l'effort de communiquer, avec des mots simples et compréhensibles pour le biologiste, le sens profond des formules ou des morceaux de modèle mathématique utilisés.

Il est aussi amené à convaincre la direction générale de son entreprise de la pertinence de l'outil ou du modèle qu'il vient de développer. Le mathématicien doit donc être capable de le présenter de façon convaincante en s'appuyant sur des synthèses pertinentes qui expliquent notamment les enjeux de son modèle pour la société.

Le mathématicien doit savoir rendre ses travaux accessibles et compréhensibles à des partenaires dont la culture dominante est différente de la sienne.

Des compétences relationnelles. Tous les employeurs s'accordent à dire qu'il y a un socle minimal de qualités relationnelles en dessous duquel ils ne descendront pas pour recruter, car au bout de quelques années d'implication dans une équipe de maths appliquées, le jeune recruté évolue quasiment toujours vers de l'encadrement d'équipes. Très peu de personnes restent au stade d'expert dans leur domaine au-delà de quatre ou cinq ans d'expérience cumulée sur les mêmes fonctions. Elles peuvent le rester lorsqu'elles manquent de charisme ou lorsqu'elles ont cultivé de l'excellence sur un domaine très spécialisé. La majorité des employeurs rencontrés insiste sur ces éléments de profil personnel.

Une capacité à travailler en équipe sur des projets. Les problématiques confiées sont souvent si complexes et porteuses d'enjeux (beaucoup de décisions à prendre en avenir incertain, dans des contextes de contraintes importantes) qu'il apparaît déterminant à l'entreprise de recueillir des avis différents, de confronter des points de vue divergents en constituant des équipes pluridisciplinaires ou d'horizons différents (en termes de cursus de formation) autour d'un projet.

Une capacité à "parler le langage de tous les savoirs". Se faire comprendre peu demander temps et patience. Le mathématicien appliqué est souvent confronté à un milieu qu'il ne connaît pas bien, dans lequel il faut faire un effort d'acculturation en posant les bonnes questions (sans lasser l'interlocuteur) et en écoutant surtout les messages qu'on veut lui transmettre et qui sont parfois livrés dans un "jargon d'initié" réducteur et obscur pour le non spécialiste.

XII - LES MODES DE RECRUTEMENT DES INDUSTRIELS CONSULTÉS

Les considérations exposées ci-après ne prétendent pas concerner au même degré tous les secteurs économiques employeurs de jeunes mathématiciens. Les interlocuteurs dont les observations sont synthétisées ici se caractérisent par leur appartenance à des réseaux d'entreprises entretenant des relations suivies avec des formations universitaires en mathématiques appliquées ; ils représentent aujourd'hui la majorité des employeurs de mathématiciens appliqués.

1 - LES RECRUTEMENTS SE FONT AU MINIMUM À BAC+5 ET JUSQU'À BAC+8

Toutes les entreprises considèrent que la cinquième année après le baccaulauréat est très formatrice et donc n'embauchent quasiment pas au niveau bac+4. Ce constat est conforme à celui fait au niveau de l'évaluation des filières universitaires. En effet, on a pu montrer que les étudiants des filières professionnalisantes de l'université qui sont censés avoir un débouché au niveau bac+4 (étudiants de MIM MASS et IUP, par exemple) poursuivent majoritairement leurs études dans un DESS.

Une part non négligeable des entreprises interrogées recrute des doctorants ou des docteurs ou cherche à en recruter, afin de leur confier le développement et la mise au point d'outils mathématiques nouveaux apportant une solution efficace à une problématique posée par l'entreprise.

2 - LES ENTREPRISES RECRUTENT EN PROVENANCE DE DIVERS HORIZONS

Toutes les entreprises interrogées insistent sur l'intérêt qu'elles trouvent dans la diversité des parcours de formation de leurs personnels. Elles recrutent indifféremment en provenance des grandes écoles et des universités (DESS-DEA-doctorants) et font le constat que la mixité des profils leur est très bénéfique.

Seuls, les secteurs industriels semblent encore privilégier le recrutement d'ingénieurs en provenance des grandes écoles plutôt qu'en provenance des universités ; toutefois, ces secteurs attachent aussi de l'importance à la diversité du recrutement en faisant appel à des ingénieurs d'écoles différentes. Ils recrutent à l'université au niveau doctorat essentiellement.

Les problèmes mathématiques posés sont souvent délicats et trouvent des solutions sur fond de confrontations de cultures différentes, de démarches intellectuelles et modes de pensée différents pour l'ensemble des entreprises interrogées.

3 - LES ENTREPRISES REGRETTENT LE MANQUE DE LISIBILITÉ DES FORMATIONS UNIVERSITAIRES À BAC+5

La qualité de la formation dispensée en DESS et dans un certain nombre de DEA jouant partiellement le rôle de DESS est reconnue unanimement par les entreprises. Mais toutes regrettent l'atomisation des formations universitaires à bac+5, leur affichage insuffisant, le déficit de communication. Très souvent, les entreprises s'alimentent à partir de deux ou trois DESS qu'elles ont connus fortuitement (souvent par l'intermédiaire d'un ancien étudiant qui a donné satisfaction) sans chercher à étendre leurs relations à d'autres DESS. Il faut mettre en perspective les effectifs respectifs des promotions : 15 à 25 étudiants pour un 3e cycle universitaire, une centaine d'étudiants pour une promotion de grande école. Un effet de masse joue donc en faveur des grandes écoles au détriment des universités ; de surcroît, les associations d'anciens sont structurées dans les écoles, alors qu'elles ne le sont guère au niveau des DESS. Les entreprises gagnent donc généralement du temps à s'adresser à une école plutôt qu'à un 3e cycle universitaire pour cette raison.

4 - EN CONCLUSION

Les universités doivent donc relever le défi de la lisibilité de leurs formations car elles ont un véritable savoir-faire reconnu sur les 3e cycles de mathématiques appliquées et doivent apprendre à les promouvoir par des efforts de communication appropriés.

XIII - QUELQUES TRAITS SAILLANTS DE LA PERCEPTION DES FORMATIONS AUX MATHÉMATIQUES EN FRANCE

1 - UNE TRÈS BONNE IMAGE AUPRÈS DES ENTREPRISES

Toutes les entreprises interrogées, quel que soit leur secteur d'appartenance, s'accordent à dire que les jeunes diplômés de mathématiques, qu'ils viennent d'une filière universitaire ou d'une école d'ingénieurs, sont très bien formés et vite opérationnels lorsqu'ils occupent un premier emploi. La qualité des formations de mathématiques en France est unanimement reconnue ; elle se serait améliorée de façon significative depuis une décennie. L'adaptation des jeunes diplômés à leur premier emploi étant rapide, les entreprises font très peu appel à des actions de formation continue. Lorsque ces actions sont mises en place, c'est essentiellement dans le but d'adapter la culture scientifique du jeune diplômé, jugée solide, à des domaines spécialisés.

Un point fort, particulièrement reconnu notamment en Ile-de-France, concerne le caractère très -professionnalisant et novateur des formations spécialisées en actuariat et mathématiques financières. Dans le secteur des banques et des assurances, les responsables des relations humaines font tous le même constat : il existe un réel savoir-faire en France pour la formation des jeunes diplômés aux mathématiques financières et à l'actuariat, qu'ils sortent d'une école d'ingénieurs ou d'une filière universitaire à bac +5. Les professionnels de ce secteur apprécient que la plupart des écoles aient intégré dans leur cursus de formation des mathématiques financières. Ces formations, dont le contenu pédagogique est articulé sur les nouvelles recherches en mathématiques, attirent les jeunes diplômés en mathématiques financières et actuariat au-delà des frontières, puisque beaucoup d'entre eux trouvent des débouchés sur les places financières de Londres et de New-York.

De la même façon, ils font remarquer que les universités ont mis en place des filières très attractives pour les employeurs, comme, par exemple, la filière MASS (option économétrie) ou MIM (avec un enseignement important de statistique) qui peut être complétée par un troisième cycle en mathématiques financières (ont été cités, par exemple, le DEA de Paris VI qui est une référence en Ile-de-France, en France, mais aussi en Europe - le DEA de finances de Dauphine ; le DESS de Toulouse I et III en statistiques et économétrie ; le DESS d'économétrie d'Aix- en-Provence).

Les responsables du recrutement dans ces secteurs font aussi le constat que de nombreux outils et méthodes novateurs (fruits d'une activité de recherche intense) sont enseignés dans plusieurs formations en France avec un temps d'avance sur leur utilisation dans des applications concrètes sur le marché du travail.

2 - UN ENSEIGNEMENT DE LA STATISTIQUE INSUFFISAMMENT TOURNÉ VERS LES APPLICATIONS

L'enseignement supérieur français ne forme pas suffisamment de statisticiens, alors que le marché du travail est de plus en plus demandeur de ce genre de compétences.

Trop peu de formations dispenseraient un enseignement de haut niveau dans ces disciplines qui soit suffisamment tourné vers les applications, avec une large palette d'outils et de méthodes. Ont été souvent cités par les employeurs les trois écoles (l'ENSAE, l'ENSAI et l'ISUP) et quelques DESS. Le seul vivier de recrutement pour les employeurs serait donc les trois écoles précitées et quelques DESS, au nombre de cinq ou six en France. La demande de compétences en ces domaines est donc bien supérieure à l'offre.

Si, par exemple, on trouve assez aisément des profils de mathématiciens financiers de haut niveau, les jeunes diplômés ayant des compétences croisées solides en statistique-probabilités et économétrie, ou en statistique et informatique sont trop rares aujourd'hui. Il y aurait donc une marge de progression importante à exploiter par l'enseignement supérieur français pour répondre à cette demande grandissante de compétences en ce domaine.

Cependant, deux éléments de constat doivent être évoqués : la pénurie préoccupante d'enseignants-chercheurs statisticien et l'enseignement tardif (souvent en 3e cycle seulement) de la statistique et des probabilités dans les parcours de formation des jeunes diplômés. Ces deux éléments sont liés. Les enseignants-chercheurs en mathématiques ne sont pas assez attirés par la recherche en statistique en raison du manque de valorisation académique de cette recherche, souvent qualifiée d'empirique. Dans la mesure où les structures de recherche, qui sont les creusets des enseignements dans la discipline, sont insuffisantes, la formation dispensée dans la discipline est elle-même déficitaire en quantité et en influence.

3 - DES DISCIPLINES ENCORE TROP CLOISONNÉES

Il conviendrait de favoriser les rapprochements de façon plus systématique.

Au niveau des débouchés, la plupart des applications en mathématiques sont à la frontière de plusieurs disciplines [1]. S'il existe en France un certain nombre de formations de 3e cycle dont le positionnement est réellement à l'interface de plusieurs disciplines, ces formations, fort appréciées des entreprises, sont déclarées exister en nombre insuffisant. Des compétences croisées, associant par exemple biologie et statistique, économétrie et statistique, mécanique, électromagnétisme, traitement du signal et calcul scientifique et statistique, sont particulièrement recherchées et assez rarement offertes sur le marché de la formation.

L'enseignement des mathématiques pourrait donc avantageusement se préoccuper de participer au rapprochement des disciplines scientifiques entre elles, pour mieux faire comprendre aux étudiants l'utilité de certains outils. Des modules nouveaux d'enseignement sont créés ici et là dans les écoles ou dans les 3e cycles d'université. Citons, par exemple, un module à l'intérieur duquel ont été couplées la modélisation aléatoire et l'informatique pour enseigner les outils statistiques et probabilistes en une pédagogie innovante : en présentant l'outil à travers une application concrète, on en montre l'utilité et on crée la motivation ; dans un deuxième temps, la démarche de formalisation et conceptualisation peut être entamée. Cela milite en faveur du décloisonnement des disciplines qui peuvent être mises en synergie, à la fois pour les besoins de la pédagogie et pour leur enrichissement mutuel.

4 - UNE FORMATION AUX MATHÉMATIQUES APPLIQUÉES DISPENSÉE TARDIVEMENT DANS LE PARCOURS DE FORMATION

Les applications des mathématiques ne sont pas abordées au lycée, voire dans les deuxièmes cycles. Il serait souhaitable de progresser dans le couplage entre théorie et applications dès le 1er cycle universitaire. Les domaines d'application des mathématiques sont portés à la connaissance des étudiants beaucoup trop tard, souvent en 3e cycle seulement, sauf dans les filières MIM et MASS. Dans les filières plus classiques, certains enseignants véhiculent une image dévalorisée des mathématiques appliquées auprès des étudiants, considérant que celles-ci ne font pas partie des secteurs les plus nobles des mathématiques.

XIV - LES CARACTÉRISTIQUES DES FORMATIONS DE NIVEAU BAC+5 OFFRANT UNE BONNE INSERTION PROFESSIONNELLE AUX ÉTUDIANTS

Les formations qui offrent de bons débouchés à leurs étudiants se caractérisent, d'une part, par un bon positionnement et, d'autre part, par la présence conjuguée de plusieurs facteurs d'organisation pédagogique.

1 - UN BON POSITIONNEMENT

Les entretiens menés auprès des responsables de formation de 3e cycle permettent de classer les formations qui ont de bons débouchés en trois groupes "porteurs" :

- **le groupe des formations polyvalentes.** Leur atout est de dispenser une large culture scientifique en la complétant d'un jeu d'options ; les étudiants sélectionnent une option en vue d'amorcer une spécialisation vers des applications professionnelles porteuses. Ce groupe de formations dispensent une large "culture" mathématique tant au niveau calcul scientifique, analyse numérique, que statistique-probabilités et, grâce au jeu d'options, livrent à l'étudiant des techniques et méthodes porteuses sur des domaines bien identifiés, sans jamais trop le spécialiser.

[1] cf. le paragraphe V de cette étude.

- **le groupe des formations ciblées sur une thématique spécifique.** Rentrent dans ce groupe les DESS spécialisés dans la statistique et l'informatique, la cryptographie, le data-mining, etc. Ces formations accueillent des étudiants qui ont déjà accumulé des compétences dans la thématique durant leurs deux premiers cycles universitaires. Par exemple, les DESS ciblés sur la statistique, l'informatique, recrutent prioritairement des étudiants ayant suivi en amont une filière MIM ou MASS au cours de laquelle ils ont été familiarisés avec la statistique. Un troisième cycle spécialisé leur permet alors de consolider leurs savoir et savoir-faire dans la thématique.

- **le groupe des formations à double, voire triple compétence.** Ce sont, par exemple, les formations qui combinent la statistique avec la biologie, les mathématiques avec la mécanique et l'informatique, les mathématiques financières avec l'économie, les mathématiques avec la gestion etc. Ce groupe de formations est caractérisé par la diversité des parcours de formation amont (en 1er et 2e cycles) des étudiants et par la diversité des horizons disciplinaires des enseignants intervenant dans ces formations, ce qui favorise les échanges de compétences et la créativité au niveau des applications.

2 - LA PRÉSENCE CONJUGUÉE DE PLUSIEURS FACTEURS D'ORGANISATION PÉDAGOGIQUE

Quel que soit le positionnement choisi, quatre facteurs communs sont repérés comme favorisant la bonne insertion professionnelle des étudiants :

Une durée de stage d'au minimum trois à quatre mois. Le stage d'une durée significative à l'intérieur d'une formation permet à l'étudiant mis en situation pratique d'identifier des problèmes concrets, de rechercher les bons outils et méthodes pour proposer des solutions, puis, ultérieurement, de savoir "se vendre" pour un premier emploi auprès d'un responsable de recrutement en faisant valoir cette expérience et la manière avec laquelle elle a été conduite. D'une façon générale, l'intégration, dans la formation, de stages d'une durée significative complétés éventuellement de mémoires et de travaux interdisciplinaires renforce la professionnalisation de la formation et la qualité de l'insertion sur le marché du travail. En outre, les entreprises préfèrent les stages relativement longs pour deux raisons : ils permettent de confier un vrai travail méthodologique aux étudiants et de tester, à travers celui-ci, les qualités conceptuelles de rigueur et d'analyse des jeunes mathématiciens ; en même temps, il permet à l'entreprise de bénéficier "d'un retour sur investissement" en temps de formation consacré au stagiaire, avec apport de valeur ajoutée non négligeable.

Le couplage de la formation aux mathématiques avec l'informatique. L'étudiant apprend à associer à la partie théorique des modèles mathématiques la partie informatique destinée aux calculs. Il apprend à agir sur les logiciels pour modéliser, simuler.

Des techniques d'expression à l'intérieur d'un module spécifique ou adossées à plusieurs modules d'enseignement. Le jeune scientifique doit apprendre à communiquer clairement autour des choix qu'il fait en réponse à la problématique qui lui a été posée. Savoir convaincre, faire un exposé, montrer les avantages et les limites d'un modèle développé est déterminant pour la conduite et le succès de projets. Trop peu de formations consacreraient du temps à transmettre ce savoir-faire qui est, du point de vue des employeurs, très important.

Une pédagogie comparative. Devant telle ou telle problématique posée, cette forme de pédagogie transmet au jeune scientifique un certain nombre de réflexes utiles : recherche systématique de plusieurs solutions, analyse des avantages et limites comparés de chacune d'entre elles, choix de la solution "optimale" en fonction du contexte.

GUIDE D'ENTRETIEN SECTEURS INDUSTRIELS ET DE SERVICE

1 - Repérage, dans votre entreprise (ou institut, organisme), des fonctions pour lesquelles la maîtrise d'outils mathématiques est indispensable

Vous avez besoin dans votre entreprise (ou institut, organisme) de cadres ou de techniciens qui maîtrisent les outils mathématiques (exemples : les techniques de modélisation, les méthodes quantitatives, l'analyse de données, les techniques de simulation etc.)

Pour quelles fonctions ou missions recrutez-vous des personnes qui doivent avoir recours aux outils mathématiques ?

2 - Définition des profils attendus au moment des recrutements de cadres ou de techniciens maîtrisant les outils mathématiques

Dans votre entreprise (institution ou organisme), quels responsables définissent les profils des personnes à recruter ? Les profils sont-ils formalisés en amont des recrutements et, si oui, sur la base de quels critères ? Pouvez-vous définir une typologie des profils recherchés en fonction des missions que vous confiez aux personnes recrutées ? Autrement dit, qu'attendez-vous de ces personnes en termes de :

- connaissance d'outils (exemple : maîtrise des techniques de modélisation, du calcul formel, du calcul numérique, des logiciels industriels, maîtrise d'outils complémentaires etc ;
- compétences méthodologiques (maîtrise de problématiques, rigueur intellectuelle) ;
- compétences comportementales (capacité à travailler en équipe, adaptabilité, diplomatie, capacité à communiquer, à être pédagogue etc.

3 - Par rapport à un profil de personne à recruter, quels formations et cursus de formation connus de vous vous semblent correspondre le mieux à vos exigences professionnelles ? Pouvez- vous expliquer les raisons de ces préférences ?

Les réponses pourront aborder les points suivants :

- S'agit-t-il plutôt de formations d'écoles d'ingénieurs, de formations universitaires, ou des deux ? (on pourra les nommer) ;
- Ces formations sont-elles plutôt à dominante mathématique, à dominante autre discipline (comme l'économie, les sciences de gestion, l'informatique, la biologie etc ?
- Quels vous semblent être les points forts de ces formations ? Quelques exemples :
  - la nature des thématiques dominantes enseignées dans ces formations (exemple : l'analyse des données, les probabilités et statistique, le calcul scientifique etc.) ;
  - l'originalité des plans de formation qui offrent aux étudiants des doubles compétences, voire des compétences pluridisciplinaires (exemples : formation axée sur les mathématiques et l'informatique, sur les mathématiques et la biochimie, la finance et les mathématiques appliquées à l'informatique pour l'apprentissage de la modélisation et du logiciel etc.) ;
  - le caractère très professionnalisant de la formation (nombreux stages prévus, formation en alternance, intervention de professionnels, etc.) ;
  - Autres (exemple : la capacité à utiliser des logiciels complexes, etc.) ;
- Comment avez-vous connu ces formations et eu envie de recruter des jeunes issus de ces formations ?

4 - Votre politique de recrutement.

L'axez-vous plutôt sur un principe de diversité d'origine des formations ou, au contraire, sur un principe d'homogénéité des origines ?

Sur quels statuts, et à quels niveaux de salaires, les personnes recrutées sont-elles accueillies dans votre entreprise ?

À quel niveau recrutez-vous essentiellement ? bac+4 ? bac+5 ? au delà de bac+5 ?

5 - Avez-vous une connaissance suffisante du marché des formations ? (écoles d'ingénieurs ? formations universitaires ?)

6 - Quelles compétences fortes avez-vous identifiées chez les personnes recrutées ces dernières années ?

7 - Avez-vous au contraire perçu de vraies faiblesses ou manques qui seraient inhérents à leur formation ? Si oui, quelles solutions préconisez-vous pour y remédier ?

8 - Avez-vous ressenti la nécessité d'envoyer en formation complémentaire, dans le domaine des mathématiques appliquées, des personnels en poste dans votre entreprise depuis quelques années ? Si oui, pouvez-vous préciser la nature des compétences nouvelles recherchées pour ces personnels ?

9 - Avez-vous des besoins de recrutement non satisfaits ? Si oui, pouvez-vous expliquer lesquels ? Pouvez-vous argumenter autour de cette insatisfaction ?

10 - Faites-vous appel à des mathématiciens étrangers pour combler les manques et, si oui, quels types de formation serait-il utile d'offrir en France en complément de ce qui existe ?

GUIDE D'ENTRETIEN RESPONSABLE DE DESS - DEA

1 - Quelle est votre définition des mathématiques appliquées ?

2 - Comment situez-vous le DESS que vous animez dans le champ de l'offre de formation en mathématiques appliquées ?

Éléments de différenciation de ce DESS ; caractéristiques fortes qui lui donnent une identité ; compétences dominantes qu'il apporte aux étudiants ; débouchés essentiels et opportunités du marché du travail exploitées ?

3 - Qualité de l'insertion des étudiants de votre formation ?

4 - Si bonne, comment l'analysez-vous ?

- Qualité du couplage entre les outils mathématiques ? les méthodes ?
- Bonne continuité entre cursus en amont et cursus actuel ?
- Pluridisciplinarité de la formation ou formation à double compétence, ou formation très spécialisée sur un domaine porteur ? (Votre analyse sur ce point. Approfondir)
- Caractère professionnalisant de la formation (nombreux stages, formation en alternance, projets, mémoires en relation avec l'industrie) ?
- Innovations au niveau pédagogique ? (Exemples)
- Points forts au niveau de l'équipe pédagogique (lesquels peuvent être mis vraiment en avant ?)

5 - Tester la connaissance qu'ont les responsables de formation de la nature des profils formés ainsi que des débouchés-types offerts

- Secteurs qui recrutent vos étudiants ?
- Thématiques sur lesquelles travaillent vos étudiants ?
- Outils mathématiques les plus usités ?
- Quelles évolutions avez-vous repérées ces dix dernières années au niveau des thématiques ? (quelles thématiques sont devenues particulièrement porteuses ? quelles autres thématiques déclinent ?)
- Même question sur les outils ? Outils porteurs ? en déclin ? suscitant toujours le même intérêt (mais pouvant être utilisés différemment ?)

6 - Quelles qualités doit avoir un mathématicien appliqué de votre point de vue ? (au plan scientifique, au plan méthodologique, au plan comportemental) ?

7 - Votre point de vue sur l'enseignement des mathématiques appliquées en France

- Ce que l'on sait bien faire, moins bien faire.
- Sur quels domaines serait-il souhaitable de progresser ?
- Quelles vous sembleraient être les meilleures voies pour progresser ? Rapprochement des disciplines et des outils ? Autre système d'évaluation des enseignants-chercheurs ? Un système de veille pour faire évoluer les outils et les méthodes d'enseignement ?

8 - De quelle façon faites-vous connaître votre formation ?

- Avez-vous une politique de communication ?
- Avez-vous créé une association "d'anciens" ? Si oui, quelles sont ses actions ?
- Suivez-vous l'insertion professionnelle de vos étudiants ? Les données sur l'insertion sont-elles exploitées ? Si oui, de quelle façon ?

GUIDE D'ENTRETIEN SMF - SMAI - SFdS

1 - Question de terminologie

Pouvez-vous nous dire comment vous définissez les mathématiques appliquées ? Que recouvrent les mathématiques appliquées du point de vue de votre société ?

2 - Les secteurs de débouchés des mathématiques appliquées

- Nous en avons identifié un certain nombre (Banques/Assurances/SSII/Services suivants des grandes entreprises : recherche et développement, production, marketing, organismes de recherche/Sociétés de consulting/Secteur biomédical). Avons-nous, de votre point de vue, bien couvert tous les champs ? Y a t-il des manques dans cette énumération ?
- Quels secteurs vous apparaissent offrir les flux de recrutement les plus importants chaque année aux étudiants qui ont fait des mathématiques appliquées ? Pourquoi ? (ex. de raisons : il pourrait s'agir de secteurs qui recrutent des mathématiciens appliqués ayant un socle de formation assez large, assez généraliste ; on a pu noter que presque toutes les formations aux mathématiques appliquées trouvent des débouchés dans les banques et assurances). Autre(s) raison(s) ?
- Quels secteurs recrutent au contraire annuellement des flux plus minimes, de façon plus ciblée sur des champs de compétences plus spécifiques et pourquoi ?

3 - Les qualités que doit avoir un mathématicien appliqué

Pour réussir professionnellement dans ce domaine, quelles sont les principales qualités que doit avoir le mathématicien appliqué ?

- au plan scientifique (maîtrise d'outils, de savoirs..) ;
- au plan méthodologique (exemple : savoir ne pas se concentrer sur un point de vue unique) ;
- au plan comportemental (ex : capacité d'écoute …).

4 - Les thématiques en mathématiques appliquées

Parmi les thématiques entrant dans le champ des mathématiques appliquées, quelles sont celles qui sont actuellement (et en tendance depuis quelques années) :

- particulièrement porteuses ;
- particulièrement en déclin ;
- suscitant toujours un intérêt identique.

Y a t-il des facteurs explicatifs de ces évolutions ? Observe t-on des reports de thématiques en déclin sur des thématiques porteuses ?

5 - De la même façon, quels sont les outils les plus porteurs ?

6 - Thématiques et secteurs de débouchés

Peut-on établir des liens entre les secteurs de débouchés et les thématiques ? Certains secteurs utilisent-ils plutôt de façon dominante certaines thématiques ? D'autres secteurs ont-ils recours à l'ensemble des thématiques ?

7 - Les mathématiques appliquées aux frontières de plusieurs disciplines

Les débouchés semblent féconds pour les mathématiciens qui ont des compétences à la frontière de plusieurs disciplines. Peut-on approfondir ce point en enrichissant les commentaires par des exemples ?

8 - Positionnement de l'offre de formation par rapport aux demandes sur le marché du travail

Comment percevez-vous l'offre de formation en France par rapport aux besoins des utilisateurs ?

- Est-on bien en phase ? Si oui, quels sont les domaines sur lesquels il conviendrait d'améliorer "le phasage" ?
- Que préconisez-vous pour améliorer la situation ?

Y a t-il en France des opportunités de formation encore insuffisamment exploitées en termes de rapprochement entre disciplines (compte tenu d'attentes détectées sur le terrain) ?

9 - Enseignement des mathématiques appliquées en complément d'une autre discipline au cœur de la formation

Les mathématiques appliquées sont aussi enseignées dans des formations dont le socle n'est pas mathématique (exemple : l'économie, la finance, la chimie, la biologie, etc.). Y a t-il des couplages au niveau formation qui vous semblent particulièrement intéressants et féconds pour les débouchés qu'ils offrent en termes d'emplois. Pouvez-vous les citer et donner des exemples ?

CNE

LES FORMATIONS SUPÉRIEURES EN MATHÉMATIQUES ORIENTÉES VERS LES APPLICATIONS

CONCLUSION DE L'ÉVALUATION DES FILIÈRES UNIVERSITAIRES

PRÉAMBULE

Pour mieux lire les résultats de cette évaluation, il est important de garder en mémoire que les informations chiffrées ont été obtenues au cours de l'année universitaire 1999-2000 : elle ne prend donc en compte que les chiffres des années antérieures, et partiellement ceux de 1999-2000. Pour diverses raisons, en particulier l'ampleur de la tâche, le travail d'évaluation a duré jusqu'au début de 2002. Ainsi, certaines universités peuvent noter des décalages entre leur situation à la publication de ce rapport et celle qui y est décrite. Beaucoup de changements entre 2000 et 2002 nous ont d'ailleurs été communiqués par les universités en même temps que leurs remarques sur le rapport préliminaire. Cet étalement dans le temps aura au moins permis la constatation très fréquente d'une évolution positive et la mise en place d'actions nouvelles en direction des mathématiques appliquées depuis la visite des experts. Il est satisfaisant de constater à cette occasion que le domaine est loin d'être statique et que de nouveaux enseignements continuent à être créés.

LE CHAMP D'ÉVALUATION

Cette évaluation des filières universitaires en mathématiques orientées vers les applications a donc concerné la cinquantaine d'universités offrant au moins une telle filière au niveau bac+5. Parmi elles, ont été évaluées 28 MIM, 16 des formations bac+4 en MASS, 30 DESS, une quarantaine de DEA ou d'options "appliquées" de DEA. Il faut y ajouter 7 IUP à orientation mathématique.

À PROPOS DES EFFECTIFS

Il faut d'abord souligner la très grande disparité des effectifs de ces formations sur le territoire national.

Ceci est particulièrement flagrant pour les DEA, pour lesquels on trouve la moitié de l'effectif global en région parisienne avec de très "gros" DEA, par opposition à ceux de province qui accueillent presque toujours des "petits", voire "très petits" effectifs.

Par contre, on trouve plutôt les DESS en province, répartis sur toute la France (seulement trois à Paris même).

Les MIM et les MASS sont bien réparties, avec cependant l'absence curieuse de MASS dans l'Est.

Il ressort clairement des chiffres que le nombre des étudiants inscrits dans ces filières a sensiblement augmenté ces dernières années : de 659 en 1995 à 1062 en 1999 pour les MIM, de 486 à 573 pour les licences MASS considérées dans le champ de l'évaluation, de 400 en 1996 à 632 en 1999 pour les DESS ; ces niveaux sont restés stables pour les DEA, 856 en 1996 et 844 en 1999 : ces derniers chiffres sont en contradiction avec l'impression qu'ont les acteurs de terrain d'une désaffection récente des élèves pour les DEA en mathématiques en général. Mais, comme nous l'avons souligné, nous ne disposons pas des données quantitatives de 1999 à 2002. Les chiffres laissent cependant apparaître au plan des effectifs une situation assez favorable pour les DEA en probabilités et statistique, et un peu inquiétante pour les DEA en équations aux dérivées partielles et calcul scientifique. Une analyse plus approfondie de ce constat mériterait d'être menée. Un fait clairement établi est le déséquilibre de mixité, avec une quasi-absence de filles, sauf dans les filières MASS où elles constituent la moitié des effectifs et se retrouvent donc parfois majoritaires.

PEU DE DÉBOUCHÉS À BAC+4

Une règle générale se dégage nettement : les formations à bac+4 ne conduisent pas, sauf exception, à une intégration directe dans la vie active. Les MIM et les MASS s'avèrent être de très bonnes préparations aux DESS et gardent donc en cela leur caractère de formation professionnalisante, mais pour une sortie ultérieure à bac+5. Sans doute la situation est-elle bien ainsi, s'inscrivant tout à fait dans le schéma européen des étapes 3/5/8. Ce constat, identique pour les IUP, est plus inquiétant car ceux-ci sont supposés conduire leurs étudiants à une embauche directe en fin de cursus et être fortement articulés avec le milieu professionnel.

Sauf en de rares exceptions, ils ne remplissent pas cet objectif, leurs diplômés se dirigeant majoritairement vers une formation bac+5.

Une évolution est certainement nécessaire. Il ne faudrait cependant pas qu'elle annihile la démarche originale que la création de ces IUP a induite. Le transfert direct vers le milieu professionnel et la valorisation immédiate des connaissances et savoir-faire mathématiques n'est pas si simple. Il faut accompagner et encourager les efforts qui ont été faits en ce sens.

Le réseau d'IUP du secteur STIC (Sciences et techniques de l'information et de la communication), auquel se rattachent les IUP à orientation mathématique, fédère actuellement un ensemble de DESS qui pourraient accueillir leurs étudiants pour une sortie à bac+5 et non plus à bac+4. La réflexion devrait, en fait, s'inscrire dans une problématique plus générale qui concerne le décalage des IUP par rapport au schéma 3/5/8.

SUCCÈS DES DESS

Les DESS en mathématiques sont, pour leur part, un réel succès. Ils jouent pleinement leur rôle : ce sont de vraies formations professionnalisantes avec de réels débouchés dès la sortie. Les formations sont très attractives et le recrutement à l'entrée suffisamment bien organisé pour conduire à pratiquement 100% de réussite partout : le "rendement" est donc optimal. Les débouchés sont nombreux et variés. Il est clair que les DESS ont trouvé leur créneau auprès des entreprises, où leurs diplômés sont en concurrence avec les élèves des écoles d'ingénieurs. Leur double compétence mathématique et informatique leur confère une originalité sur le marché du travail à ce niveau. Ils sont souvent embauchés pour leurs capacités à utiliser l'outil informatique et à exploiter les logiciels complexes. On y apprécie aussi la capacité d'autonomie que leurs études, dans l'environnement universitaire, leur ont permis d'acquérir.

Quelques DEA jouent aussi le rôle de DESS, en conduisant, avec autant de succès, une partie de leurs étudiants immédiatement vers la vie active. On peut s'étonner de cette confusion d'objectifs, mais il n'y a pas lieu de s'en inquiéter : d'une part, il subsiste alors toujours une partie des étudiants poursuivant en recherche ; d'autre part, de nombreuses entreprises sont précisément intéressées par le profil "recherche" de ces diplômés pour leur secteur recherche et développement. Il est probable que toutes ces appellations évolueront avec la mise en place toute prochaine de mastères.

PAS SUFFISAMMENT DE FORMATION CONTINUE

Il est dommage qu'on ne trouve pas plus de formation continue en mathématiques. Plusieurs des formations initiales, en particulier en DESS, sont ouvertes à la formation continue, mais très peu d'étudiants s'y inscrivent. Il y a certainement là un effort à faire, de la part des mathématiciens, en faveur d'actions de communication et de publicité autour du potentiel qu'ils ont à offrir. Mais il faut noter aussi qu'il est sûrement difficile de se remettre à étudier à nouveau les mathématiques après une coupure de plusieurs années avec le système universitaire, d'autant plus en intégrant un groupe de formation initiale. Cela implique sans doute une mobilisation de moyens spécifiques au service du développement de la formation continue.

L'ORGANISATION DES ENSEIGNEMENTS

On peut dégager un certain nombre de tendances générales quant à l'organisation et l'articulation des enseignements en mathématiques appliquées de bac+3 à bac+5.

L'enseignement en mathématiques est rarement différencié en licence (il n'existe d'ailleurs pas d'habilitation pour une licence spécifique orientée vers les applications). La différentiation se fait donc en maîtrise.

Les DEA sont alimentés par les maîtrises de mathématiques pures (ou maîtrises sans mention) ; il en est de même de la préparation à l'agrégation de mathématiques (cf. infra). Le plus souvent, les étudiants de MIM et de MASS poursuivent ensuite en DESS, et rarement en DEA.

On peut regretter que les étudiants de MIM ne s'inscrivent pas davantage dans les DEA qui offrent des options de mathématiques appliquées. Plusieurs faits y contribuent : le contenu des enseignements en DEA qui restent, malgré leur appellation "appliquée", pour la plupart, très théoriques, avec une structure copiée sur celle des DEA traditionnels : peu de cours, des contenus denses, des examens classiques assez exigeants du point de vue théorique et des mémoires de DEA le plus souvent axés autour d'études d'articles, rarement sur des études appliquées. Ceci se vérifie sur les tableaux récapitulatifs des DEA où l'on voit qu'aucune place, ou presque, n'est faite aux enseignements annexes, pas même à l'informatique.

Ainsi, les enseignements en MIM ou en MASS sont plutôt conçus pour déboucher sur des DESS et tout au moins perçus comme tels. Un étudiant qui se destine à la recherche en mathématiques appliquées choisira donc de préférence une autre maîtrise de mathématiques qu'une MIM ou une MASS. Ceci biaise tout naturellement le recrutement et les flux dans ces diverses maîtrises, et pousse les meilleurs étudiants à délaisser à ce stade les formations en mathématiques appliquées, même -et peut-être surtout- s'ils veulent faire carrière dans ce domaine… Et pourtant, huit nouvelles MIM ont été créées entre 1996 et 2000.

On note aussi un brassage important d'une université à l'autre entre bac+4 et bac+5. Beaucoup d'étudiants quittent leur université pour aller faire le DESS de leur choix dans une autre. Cela se constate sur les flux d'entrée dans les DESS, où la part de recrutement extérieur est toujours importante. Ce fait est à ce point vrai que beaucoup d'universités ne se préoccupent pas trop de la continuité de leurs enseignements MIM-DESS ou MASS-DESS, mais s'assurent plutôt que leurs enseignements en DESS s'adressent au plus grand nombre.

LE CONTENU DES ENSEIGNEMENTS

Il est très varié. Les enseignements se différencient très nettement des cursus traditionnels en mathématiques et, loin d'être figés, semblent au contraire toujours en mouvement.

Les mathématiques appliquées des deux familles prédominantes en MIM et MASS y sont enseignées. D'une part, les probabilités, la statistique, l'analyse de données statistiques ; d'autre part, l'analyse numérique, le calcul scientifique, l'optimisation et les équations aux dérivées partielles. En milieu professionnel, ces deux origines de formation aux mathématiques appliquées sont bien différenciées (cf. l'étude sur les débouchés).

Les mathématiques des MASS relèvent presque exclusivement des probabilités et statistique. La diversité des applications y est étonnante : outre l'économie, la gestion, la finance, le marketing qui sont assez classiques on trouve aussi des domaines plus originaux comme la linguistique, la géographie, l'aménagement, la démographie, l'épidémiologie, la communication homme-machine …

Certains DESS sont spécialisés sur ces thèmes (cf. l'étude sur les débouchés). Outre les enseignements traditionnels relevant des deux familles précitées, les programmes font référence à des mots clefs comme : modélisation de l'entreprise, aide à la décision, imagerie, traitement du signal, bio-statistique, *data mining* [1], géologie, codage, chimie de l'environnement, gestion de la qualité… Dans les MIM et DESS sont apparus également des thèmes nouveaux liés à la cryptographie [1], au calcul formel, à l'actuariat [1], aux mathématiques discrètes en général.

[1] On se référera au lexique.

QUELQUES FORMATIONS ORIGINALES

De l'initiative et du dynamisme des équipes enseignantes de mathématiques appliquées des universités ont émergé des formations originales et souvent couronnées de succès dans les établissements. Sans être exhaustifs, on peut citer quelques exemples :

- MIM, option assurance, délivrée uniquement par voie d'apprentissage ;
- DESS Méthodes quantitatives et Modélisation pour l'entreprise ;
- DESS Techniques de la décision dans l'entreprise ;
- DESS Informatique, Statistique, Mathématiques appliquées à la gestion de production ;
- DESS Modélisation stochastique et Recherche opérationnelle ;
- DEA de Cryptographie, DEA Probabilités et Finance ;
- DEA Statistiques et Modèles aléatoires en économie et finance.

MODÉLISATION ET ÉTUDE DE CAS

Si les enseignements des outils mathématiques sont bien visibles dans les programmes de formation, la partie "modélisation ou étude de cas", peu identifiable dans les programmes, est probablement moins présente. Dans les MIM et DESS annoncés comme orientés vers tel ou tel domaine d'application, y compris la mécanique, domaine d'application privilégié des mathématiques, on voit trop rarement apparaître dans le cursus des modules explicitement prévus pour la formation à la modélisation. Cette formation est pourtant essentielle, car elle permet déjà au mathématicien de s'approprier le vocabulaire (ou le "jargon") des experts du domaine scientifique auquel il est censé appliquer ses outils. Elle est, d'autre part, une interface essentielle pour traduire en termes ou en équations mathématiques un problème donné. Il y a certainement là un effort à faire au niveau du contenu des formations si l'on souhaite valoriser et transférer de façon toujours plus large les outils mathématiques les plus modernes en direction des secteurs industriels et de service.

L'ENSEIGNEMENT DE L'INFORMATIQUE

Il est, quant à lui, tout à fait satisfaisant : les tableaux d'évaluation font état d'un bon, voire souvent très bon ou excellent enseignement, tant théorique que pratique (formation aux logiciels, utilisation pratique dans des projets, etc.). Comme on l'a déjà dit plus haut, la maîtrise de cette compétence facilite l'insertion sur le marché de l'emploi.

L'équipement informatique dont disposent les universités est très variable, la difficulté majeure étant de se procurer les logiciels adéquats pour les formations professionnalisantes. Il semblerait que la situation plus ou moins favorable dépende essentiellement de l'investissement individuel et de la qualité des contacts extérieurs de tel ou tel enseignant responsable de la formation qui résoud au mieux les difficultés financières d'acquisition de logiciels du marché, logiciels indispensables pour une formation pertinente. D'autre part, le manque de personnel pour assurer la gestion des parcs informatiques est criant à peu près partout.

LES STAGES

Il est intéressant d'observer la diversité de la pratique des stages dans les formations.

Ils sont rarement obligatoires dans les MIM et, quand ils existent, ils sont très courts. Ils existent rarement en DEA (où ils prennent plutôt la forme d'un mémoire dans le laboratoire d'accueil).

Ils sont plus systématiques dans les MASS et toujours présents dans les DESS avec des durées minimales de trois à quatre mois en général, ainsi que dans les IUP (l'obligation statutaire d'au moins 19 semaines sur 3 ans y est toujours satisfaite).

Globalement, on peut regretter qu'ils ne soient pas plus longs.

C'est un peu comme s'ils étaient introduits timidement dans les cursus. Il est vrai que c'est une pratique encore récente dans les milieux mathématiques et qu'il faut encourager les initiatives en ce sens qui, aujourd'hui encore, restent le plus souvent le résultat d'investissements individuels.

Il faut d'ailleurs noter que rien n'est réellement prévu dans les services des enseignants des universités pour tenir compte de cette tâche de recherche et de suivi de stages dont ceux qui l'ont pratiquée savent combien elle peut être lourde.

LE TAUX DE RÉUSSITE

Quelques bons taux de réussite. Ils sont excellents dans les DESS (pratiquement 100%) et très bons dans les IUP (95%). Ils sont satisfaisants dans les MASS (environ 80%).

Une part non négligeable d'échecs. Les taux de réussite sont par contre très faibles dans la plupart des licences de mathématiques. Les rapports diplômés/inscrits ont pu être recueillis et sont alarmants. Ils sont souvent inférieurs à 50% en licence et peuvent descendre au-dessous de 40%, ce qui n'est pas acceptable à ce niveau de formation. Ce phénomène n'a pas été explicitement analysé dans ce rapport puisque les licences de mathématiques n'étaient pas au cœur de cette évaluation, concentrée uniquement sur les mathématiques appliquées. La situation est à peine meilleure dans les maîtrises de mathématiques pures ou sans mention, un peu plus favorable dans les MIM (65%). Elle n'est pas non plus satisfaisante dans les DEA (66% en moyenne), compte tenu du fait que le recrutement s'effectue sur dossier.

Il y a certainement nécessité d'une réflexion sur ce point. Il ne suffit plus de dire que le niveau moyen des étudiants est "insuffisant". Il est indispensable de prendre des mesures pour réduire ces échecs, et de prendre en compte, d'une part, le besoin important d'enseignants en mathématiques qui doit aller croissant dans les années qui viennent si on s'en tient aux prévisions, et, d'autre part, une grosse demande, pas encore totalement satisfaite, de mathématiciens appliqués de niveau bac+5. Il faut, en particulier, assurer un flux de licenciés suffisant. Cela passe sans doute par une adaptation des enseignements au public visé.

LE SUIVI DU DEVENIR DES ÉTUDIANTS

Cette évaluation a montré qu'il était extrêmement difficile d'obtenir des informations complètes sur le devenir des diplômés et les chiffres obtenus sont, en règle générale, incomplets. C'est un point très faible qui ressort de cette étude. Bien sûr, le suivi des étudiants nécessite une démarche spécifique ; elle est parfois assurée, grâce à l'énergie de quelques enseignants qui y consacrent une partie de leur temps, ou grâce à l'attention dévouée d'une secrétaire qui tient à jour son fichier d'adresses et relance les étudiants par courrier après leur départ jusqu'à obtenir les renseignements voulus, ou grâce encore, mais trop rarement, à des associations d'anciens élèves.

On doit recommander un effort des universités pour y remédier, non seulement en développant les observatoires d'insertion professionnelle, mais aussi en intervenant "localement" par des incitations et des moyens *ad hoc* dans les secrétariats des formations, ainsi qu'en encourageant la création d'associations d'anciens élèves.

Les mathématiques de service

Les tableaux font apparaître dans chaque université un horaire important pour les "mathématiques de service" dans les formations non spécialisées en mathématiques. Pourtant, ces enseignements sont loin d'être assurés par les seuls mathématiciens et il y a là une question de fond déjà soulevée à propos des écoles d'ingénieurs (cf. l'étude les concernant) : les "mathématiques de service" doivent-elles être assurées par des mathématiciens de métier ou plutôt, comme c'est plus souvent le cas, par les utilisateurs ?

On connaît le reproche traditionnellement fait aux mathématiciens de ne pas tenir compte de la spécificité de leur auditoire et de lui offrir des cours trop théoriques et peu adaptés à ses besoins. Ce reproche, souvent justifié, explique que les mathématiciens soient si peu présents dans les licences de physique, chimie et autres filières de leur propre université, cédant leur place aux enseignants d'autres disciplines.

Il y a ainsi un risque réel que les mathématiques y soient enseignées de façon trop utilitaire, avec une tendance à la diffusion de "recettes", ce qui est, bien sûr, trop limitatif ; de plus, les progrès en mathématiques y sont sans doute moins vite intégrés qu'ils ne le seraient avec des mathématiciens.

Il est clair qu'avec la part plus importante accordée maintenant aux applications, la génération actuelle de mathématiciens est davantage rompue à enseigner à des auditoires non mathématiciens. Des efforts devraient être faits pour tirer partie de cette évolution positive. Ils ne devraient d'ailleurs pas concerner les seuls mathématiciens appliqués : ceux-ci sont déjà très sollicités dans tous les nouveaux enseignements et répondent beaucoup à ces demandes extérieures ; en conséquence, parce qu'ils ne sont pas assez nombreux, ils sont trop peu présents dans les enseignements de base en DEUG et en licence, ce qui est regrettable car la sensibilité aux applications des mathématiques devrait être transmise aussi tôt que possible et pas seulement à bac+4. Les mathématiciens sensibilisés aux applications devraient donc être plus nombreux et intervenir davantage dans les mathématiques de service et dans les 1ers cycles.

LES MAGISTÈRES

Il est étonnant qu'on ne trouve pas plus de références aux magistères dans les rapports des experts. Ceux-ci existent pourtant en mathématiques dans 11 des universités et annoncent souvent des objectifs "appliqués". Il est vrai qu'il n'avait pas été donné mission explicite aux experts d'examiner ces formations (les magistères, tous domaines confondus, ont d'ailleurs fait l'objet d'une évaluation spécifique du CNE en 1995). On aurait pu cependant s'attendre à les voir mentionnés plus souvent puisqu'ils sont intimement mêlés aux formations de licence et maîtrise qui en constituent l'essentiel du cursus, et qu'ils apportent en plus des spécificités empruntées aux formations appliquées : existence de projets informatiques, de stages, obligation d'une langue, encouragement à la pluridisciplinarité par des modules complémentaires…

FAUT-IL OUVRIR DE NOUVELLES FORMATIONS ?

Il est difficile, au terme de ce travail, d'apporter une réponse précise à cette question. Dans l'hypothèse d'une réponse positive, on ne saurait dire précisément dans quels domaines il faut ouvrir de telles formations, et surtout à quel rythme.

Cependant, quelques éléments de constat doivent être rappelés. L'étude sur les débouchés présentée dans ce volume fait clairement état d'un recouvrement insuffisant dans le domaine des statistiques. Il y est également souligné combien les besoins majeurs se situent le plus souvent aux frontières de plusieurs sous-disciplines des mathématiques et de l'informatique : la demande semble croissante de jeunes mathématiciens avec une sensibilité "appliquée" et une capacité à utiliser et valoriser leurs connaissances mathématiques dans les contextes les plus variés. Il y a donc sans doute une nécessité d'élargir les flux de diplômés à bac+5.

Cette question de l'élargissement des flux est à mettre en perspective avec le constat sur la diminution des effectifs de diplômés de licence et sur le moindre potentiel de bons candidats pour ces filières d'université. L'augmentation du nombre d'élèves dans les grandes écoles a sans doute une incidence sur l'affaiblissement constaté du potentiel d'étudiants de bon niveau s'inscrivant à l'université. Il est, en effet, passé de 57 600 en 1990-1991 à 75 600 en 1995-1996, puis 85 400 en 1999-2000. Même si les grandes écoles concernent des disciplines très variées, et pas seulement des mathématiques, on sait que les mathématiques y sont un instrument de sélection important et que bon nombre de candidats "forts en maths" y sont admis. Parmi ceux-ci, on trouve de nombreux étudiants potentiellement plus intéressés par les applications des mathématiques que par les mathématiques pour elles-mêmes, compte tenu de leur choix de formation.

Un réel effort pour attirer de bons étudiants dans les filières universitaires de mathématiques appliquées doit donc être fait dès le niveau bac+3 et, plus généralement, l'intérêt pour les mathématiques appliquées doit être éveillé et stimulé le plus tôt possible dans le cursus universitaire, tant les débouchés sont importants et méconnus des étudiants en fin de cursus à niveau bac+5.

On doit aussi penser à exploiter l'investissement fait dans les IUP. On y a trouvé de nouvelles formules pour une meilleure pénétration des mathématiques en milieu professionnel. Le cadre, différent de celui des seconds cycles classiques, est plus propice à la pluridisciplinarité.

LIENS AVEC LA RECHERCHE

On constate le plus souvent un lien étroit entre les enseignements orientés vers les applications et la recherche tournée elle-même vers les applications. La création de tels enseignements est souvent liée au dynamisme d'enseignants-chercheurs qui, par la sensibilité acquise dans leurs activités de recherche et leurs contacts avec les utilisateurs des mathématiques, mesurent avec justesse les besoins en matière de formation et conçoivent avec beaucoup de pertinence les programmes d'enseignement.

Leurs contacts avec le milieu économique et industriel facilitent l'insertion des stagiaires et ces stages sont souvent eux-mêmes des vecteurs pour les échanges entre équipes de recherche université-entreprise : il n'est pas rare de voir une collaboration entre l'université et l'industrie se mettre en place à l'occasion d'un stage de DESS.

Le contenu des enseignements de DEA est évidemment adossé directement aux recherches récentes, cette articulation étant au coeur de la formation (formation à la recherche). Les DEA forment les futurs chercheurs et les enseignants-chercheurs en mathématiques appliquées. Nous avons cependant mentionné combien l'enseignement y restait cependant un peu trop théorique et insuffisamment tourné vers les applications ; on peut le regretter et souhaiter que les enseignants-chercheurs soient davantage formés aux applications, de telle sorte qu'ils puissent à leur tour stimuler l'intérêt des étudiants pour les mathématiques appliquées le plus tôt possible dans le cursus universitaire.

MATHÉMATIQUES APPLIQUÉES ET FORMATION DES ENSEIGNANTS

Les mathématiques appliquées sont quasi absentes de la formation des enseignants. Les rapports d'évaluation faits sur chaque université montrent que la préparation au CAPES et à l'agrégation de Mathématiques est, en effet, traditionnellement un "domaine réservé" des mathématiques "pures". Les mathématiciens appliqués n'interviennent pas dans les préparations aux concours de l'enseignement.

Le programme des concours ne comporte quasiment pas de mathématiques appliquées. Ainsi, la MIM n'est jamais conseillée à ceux qui visent l'agrégation dans les plaquettes de présentation des enseignements. Pour ceux qui se destinent au CAPES, on conseille à la rigueur de prendre un module de didactique, mais jamais le suivi d'enseignements en mathématiques appliquées.

C'est ainsi que nous avons en place des générations de professeurs qui enseignent les mathématiques dans nos collèges et nos lycées (y compris les classes préparatoires) sans avoir été formés aux mathématiques pour leurs applications.

Des efforts récents sont faits pour introduire des mathématiques appliquées dans le programme de l'agrégation. Jusqu'aux concours de 1998, l'une des trois épreuves écrites de l'agrégation offrait le choix entre quatre options "appliquées" : probabilités, analyse numérique, mécanique ou informatique. Cette épreuve restait cependant très académique et sa préparation n'induisait pas vraiment de formation aux mathématiques appliquées.

Elle a été supprimée à partir du concours de 1999 pour donner place à une toute nouvelle épreuve orale de "modélisation" avec deux options, "probabilités et statistique" et "calcul scientifique : méthodes numériques et symboliques", incluant une simulation sur ordinateur, tout ceci avec, dans le programme officiel, des thèmes d'application privilégiés.

Ces thèmes sont partiellement modifiés tous les ans : pour le concours 2002, ils sont par exemple : géométrie effective et appliquée, modèles en économie et en finance, modèles mathématiques en biologie, propagations d'ondes, télécommunications.

Cette modification du programme de l'agrégation, même si elle n'affecte que le 1/5e des épreuves, a eu un impact important sur les contenus de la préparation à l'agrégation, qui comporte maintenant une part significative d'initiation aux mathématiques appliquées, associée à une formation à la simulation sur ordinateur et à l'utilisation de logiciels.

Elle a aussi eu des conséquences sur la répartition des services dans les départements de mathématiques : la préparation à l'agrégation est moins l'apanage des « mathématiciens purs » et cette tendance est certainement à encourager.

Ainsi, même si cette nouvelle épreuve n'est pas sans défauts, au moins envoie-t-on maintenant dans nos lycées des professeurs dont la formation a pris en compte l'évolution des mathématiques et de leur rôle. Les agrégés ne constituent cependant qu'une minorité d'entre eux (320 postes de mathématiques à l'agrégation contre 1 125 au CAPES, par exemple, en 2002).

Il est urgent qu'une évolution analogue ait lieu pour les épreuves du CAPES de Mathématiques.

PRINCIPAUX RECOUPEMENTS ENTRE LES CONCLUSIONS DE L'ÉVALUATION DES FILIÈRES UNIVERSITAIRES ET LES CONCLUSIONS DES DEUX ÉTUDES COMPLÉMENTAIRES

Nous retenons en particulier les points suivants :

- le succès des DESS auprès des entreprises est confirmé : on peut faire état d'une satisfaction générale dans l'ensemble des entreprises qui ont recruté des diplômés de DESS ;
- la lisibilité des programmes de DESS est par contre insuffisante : les entreprises connaissent mal les différents DESS. Quelques DESS en mathématiques sont spontanément cités par les entreprises mais la majorité est peu connue ; un réel effort de communication est nécessaire pour les promouvoir, d'autant que ces formations sont très appréciées ;
- on retrouve une parfaite cohérence entre les deux typologies suivantes : celle proposée pour l'évaluation des filières universitaires (typologie proposée sur les champs d'application des mathématiques et sur les "cultures" dominantes en MA) et celle qui se dessine à l'issue de l'étude menée sur les débouchés dans les secteurs industriels et de service. La classification retenue au départ pour l'évaluation des filières universitaires s'avère donc pertinente. Les deux grandes "cultures" dominantes évoquées au départ, "statistique et probabilités", "EDP et calcul scientifique", apparaissent clairement dans l'étude des débouchés.

  L'extrême variété des domaines touchés par les mathématiques est bien confirmée par l'étendue des secteurs qui embauchent les jeunes mathématiciens ;
- le recours à la modélisation et à la simulation numérique apparaît de plus en plus fréquent dans la plupart des secteurs ;
- l'importance de la formation en informatique et aux outils logiciels est fortement soulignée dans l'étude des débouchés. La maîtrise de compétences en ce domaine est donc une condition requise dans de nombreux recrutements.
- plus généralement, le rôle du mathématicien appliqué en entreprise est bien mis en évidence : il doit puiser les solutions cherchées dans les "boîtes à outils" existantes et, à défaut, créer les outils nécessaires ou inventer l'approche théorique ad hoc ; or, cela correspond bien aux objectifs visés dans les formations universitaires : faire acquérir ces compétences aux étudiants.

- l'absence quasi générale de débouchés professionnels au niveau bac+4 est confirmée auprès des entreprises interrogées ; les employeurs recrutent au minimum à bac+5 ; ils perçoivent l'année de spécialisation en DESS, voire en DEA, comme très formatrice dans le domaine des mathématiques appliquées ; l'étudiant y acquiert une culture orientée vers les applications tout en élevant son niveau théorique de façon appréciée ;

- l'analyse des débouchés fait apparaître une demande importante en statistique : l'offre de formation actuelle dans cette discipline semble insuffisante ; depuis plusieurs années, on se plaint du manque de statisticiens et on n'observe pas d'inversion de tendance ; il y a certainement un problème de "culture" en France par rapport à cette discipline sans doute insuffisamment valorisée au niveau académique[1] . On note, par exemple, qu'aucun enseignement en statistique n'est mentionné dans les ENS de Paris et de Lyon…

- l'étude sur les écoles d'ingénieurs montre deux choses : l'enseignement des mathématiques reste souvent centré sur les matières de base et n'intègre pas toujours les évolutions récentes des mathématiques ; de même, les enseignements en informatique n'ont pas toute la place qu'ils devraient avoir ; à l'inverse, les DESS proposent souvent des enseignements nouveaux et des modules de formation aux logiciels. C'est pourquoi les diplômés des DESS sont appréciés sur le marché du travail et y ont trouvé un créneau en raison du bon positionnement de ces formations.

- les enseignements "de service" en mathématiques dans les écoles d'ingénieurs sont assurés en grande partie par les utilisateurs et non par des spécialistes : nous sommes ramenés à la même question de fond, déjà posée pour les enseignements "de service" dans les universités, de savoir si c'est là une situation saine ; la question du renouvellement du contenu de ces enseignements est peut-être plus cruciale ici.

SYNTHÈSE

L'évaluation des filières universitaires en mathématiques orientées vers les applications a permis de dégager un ensemble de caractéristiques que l'on peut classer en points forts et points faibles.

Points forts

- une augmentation sensible des effectifs étudiants sur les cinq dernières années ;
- le succès des DESS et donc de la professionnalisation à bac+5 avec ce diplôme ;
- une très grande et riche diversité des applications des mathématiques ;
- une excellente dynamique en général sur le terrain de la formation pour prendre en compte les mathématiques pour les applications et introduire les nouveaux outils ;
- une bonne intégration de l'informatique à la formation aux mathématiques appliquées ;
- un brassage inter-universités des étudiants de bac+4 à bac+5 ;
- une bonne répartition des formations sur le territoire national (à l'exception des DEA, très concentrés en région parisienne).

Points faibles

- l'absence de sortie dans la vie active à bac+4, y compris pour les IUP ;
- l'absence de flux MIM-DEA ;
- de petits effectifs dans les DEA de province ;
- une faible proportion féminine (sauf dans les MASS) ;
- des taux de réussite très faibles en licence, maîtrise et DEA (les taux sont bons en DESS et IUP) ;
- l'absence de formation continue en mathématiques appliquées ;

---

[1] *Rapport de l'Académie des sciences sur la science et la technologie*, n° 8 : la statistique, juillet 2000 (édition TEC et DOC).

- des stages intégrés à la formation un peu trop courts en moyenne, alors que la présence d'un stage d'une durée minimum de trois mois sur un CV est un facteur d'insertion rapide en entreprise ;
- une formation à la modélisation ou aux études de cas insuffisante dans les filières bac + 5 ;
- l'absence d'enseignement des mathématiques appliquées dans la formation des enseignants en mathématiques ;
- une méconnaissance du devenir des étudiants après le DEA, le DESS ou le doctorat ;
- le manque de moyens humains pour la gestion des parcs informatiques, alors que les formations les plus pertinentes sont celles qui associent l'informatique aux mathématiques.

Recommandations

Il conviendrait de favoriser :

- l'introduction d'une sensibilisation aux applications des mathématiques dès les 1ers cycles, ou le plus tôt possible dans le cursus ;
- l'introduction de façon significative de mathématiques pour les applications dans la formation des enseignants ;
- la mise en place d'une épreuve de concours orientée vers les applications au CAPES de Mathématiques, à l'image de l'épreuve qui a été introduite en 1999 au concours de l'agrégation ;
- une augmentation de la pratique et de la durée des stages, et des interventions plus systématiques de professionnels dans les formations ;
- la prise en compte du suivi et de l'encadrement des stages, dans les services des enseignants, la tâche étant particulièrement "lourde" en termes de temps à y consacrer ;
- un accroissement des interventions des mathématiciens dans les formations des autres disciplines ;
- la mise en place de structures pour le suivi du devenir des étudiants ;
- une augmentation substantielle des moyens humains pour la gestion des équipements informatiques.

CONTRIBUTIONS ET POINTS DE VUE

AVANT-PROPOS

Avant publication de ce rapport sous sa forme définitive, un avis a été demandé, d'une part, à la Commission des titres d'ingénieur (CTI), d'autre part, aux trois sociétés savantes françaises pour les mathématiques, à savoir la Société mathématique de France (SMF), la Société de mathématiques appliquées et industrielles (SMAI) et la Société française de statistique (SFdS).

Suite à la demande de leurs présidents respectifs, le comité de pilotage s'est entretenu, d'une part, avec le bureau de la CTI, d'autre part, avec trois représentants de la SMF. On trouvera ci-après copie du courrier envoyé ensuite par M. Louis Castex, président de la CTI, faisant part de ses remarques, ainsi que le compte rendu de la réunion avec la SMF, dûment approuvé par son président, Michel Waldschmidt.

Le Président de la SMAI, Michel Théra, nous a, pour sa part, adressé, dans un premier temps, un courrier électronique pour nous dire tout l'intérêt qu'il a trouvé à la lecture de ce rapport. Il a fait inscrire à l'ordre du jour d'un des CA de la SMAI l'examen du dossier CNE et nous a fait parvenir, dans un deuxième temps, une contribution écrite présentée dans les pages suivantes. Il nous engage vivement à diffuser largement le rapport et propose les services de la SMAI pour en faire connaître les conclusions sous la forme qui semblera la mieux appropriée (serveur de liste, page Web, article dans *MATAPLI*, le bulletin de liaison de la SMAI…).

C.T.I.
Commission des Titres d'Ingénieur

Toulouse, le 04 avril 2002

Le Président

Monsieur Gilles BERTRAND
Président du C.N.E.

Monsieur le Président

Le bureau de la CTI et ses experts ont lu attentivement votre rapport sur les mathématiques en écoles d'ingénieurs. Tous tiennent d'abord à vous féliciter pour le travail effectué.

Pour conforter et commenter votre analyse, nous aimerions d'abord rappeler les bases d'une formation d'ingénieur, vue par la commission des titres d'ingénieur.
Ces bases sont orientées autour de trois axes principaux:

- formation scientifique pluridisciplinaire : l'objectif est ici de donner aux étudiants du recul par rapport au savoir faire, une approche rationnelle de la réalité, des capacités d'adaptation et d'innovation, ce qui entraîne une nécessaire proximité de la formation avec la recherche,

- formation humaine : savoir interagir avec l'environnement comprendre les besoins, gérer les projets, travailler en équipe, communiquer,

- formation professionnelle : connaissance de l'entreprise, capacité de participer et de gérer un projet technique en entreprise, de comprendre et évaluer les règles de l'art.

Dans ce contexte, la commission des titres d'ingénieur n'insiste pas trop sur les connaissances techniques (qui peuvent s'acquérir tout au long de la vie) mais préfère juger des formation en termes de capacités acquises en école ou en formation préparatoire (raisonnement, prédiction et calcul, abstraction, gestion de l'aléatoire, modélisation de systèmes complexes) et d'objectifs de formation.

Elle ne tient pas non plus à tracer des frontières trop strictes entre disciplines, et dans ce cadre, elle se félicite de votre initiative regroupant dans la même perspective Mathématiques, Mathématiques Appliquées et Informatique.

Votre rapport conforte deux préoccupations de la commission des titres d'ingénieur évoquées ci-après.

Une insuffisance assez générale sur l'enseignement de l'informatique dans les écoles d'ingénieur traditionnelles, insuffisance d'autant plus criante qu'elle n'est pas en général compensée par la formation acquise en classes préparatoires. Un tel enseignement doit dépasser le cadre des seuls travaux pratiques ou de la manipulation de logiciels, pour intégrer des notions d'algorithmique, et de traitement de l'information au sens large.

…/…

Commission des Titres d'ingénieur - 135, avenue de Rangueil - 31077 Toulouse Cedex 4
Téléphone: 05 61 55 95 01 - Télécopie : 05 61 55 92 80 - mél: president@commission-cti.fr - http://www.commission-cti.fr

Greffe CTI :Ministère de l'Éducation Nationale, DES AI 2, 101, rue de Grenelle - 75357 Paris 07SP
Téléphone : 01 55 55 75 06 - Télécopie : 01 55 55 69 78 - mél: greffe@commission-cti.fr

Un éloignement de la recherche. La nécessaire confrontation des étudiants et des enseignants avec la recherche soulignée plus haut, le besoin permanent de remise en cause des programmes en fonction de l'évolution des connaissances, des objectifs de formation, et de l'apparition de nouvelles techniques mathématiques ou informatiques militent pour une proximité des formations d'ingénieur avec le monde de la recherche, en particulier dans les domaines de l'informatique et des mathématiques- Il faut donc pour cela qu'une partie significative des enseignements soit effectuée par des enseignants issus du milieu de l'enseignement supérieur et de la recherche en mathématiques (en particulier appliquées) et informatique.

Il y a cependant une troisième préoccupation de la commission des titres qui est peu traduite dans ce rapport, alors qu'elle apparaît assez souvent dans nos expertises. Objectifs de formation, pertinence des notions enseignées, connaissance du monde de l'entreprise, vue transversale de l'enseignement sont parfois absents des enseignements de mathématique, et des préoccupations de leurs enseignants, ce qui peut conduire à des phénomènes de rejet et de marginalisation très dommageables pour tous.

J'espère que ces différentes remarques pourront compléter utilement votre rapport. En vous remerciant et vous félicitant à nouveau pour votre initiative, je vous prie de croire, Monsieur le Président, à l'expression des mes meilleurs sentiments,

Louis CASTEX

COMPTE RENDU DE RÉUNION ENTRE LA SOCIÉTÉ MATHÉMATIQUE DE FRANCE (SMF) ET LE CNE

Cette réunion s'est tenue le 10 avril 2002.

Étaient présents :

- pour la SMF : Michel Waldschmidt (président de la SMF), Nicole Berline (vice-présidente, chargée des problèmes d'enseignement), Guy Chassé (membre du Conseil d'administration) ;
- pour le comité de pilotage du CNE : Guy Cirier, Christiane Cocozza, Michel Pierre.

Préambule. Cette réunion s'inscrivait dans le cadre de la finalisation de l'évaluation par le CNE des formations universitaires en mathématiques orientées vers les applications. Avant publication du rapport final, un avis a été demandé aux trois sociétés savantes françaises de mathématiques sur le document de synthèse provisoire qui leur a été envoyé. La Société Mathématique de France (SMF) a sollicité une entrevue avec des membres du comité de pilotage afin de faire part de ses remarques et de discuter du document.

Les représentants de la SMF ont tout d'abord souligné combien le travail réalisé leur semblait devoir être utile pour la communauté mathématique et ont insisté sur la nécessité d'une grande diffusion du document publié. Il a déjà été convenu qu'une publicité serait faite dans la *Gazette des mathématiciens* dès le numéro de juin, pour annoncer au moins sa sortie, puis dans le numéro de septembre, de façon plus détaillée, après que le CNE aura procédé à sa diffusion officielle.

À ce sujet, M. Waldschmidt a indiqué combien il aurait, par exemple, aimé disposer des informations contenues dans le document pour une réunion des lundis de la Sorbonne[1] à laquelle il avait participé en décembre 2001 et qui était précisément consacrée aux débouchés des mathématiques.

Ensuite, il a été confirmé que les données factuelles sur la SMF figurant dans le document étaient bien exactes. Plus généralement, il a été discuté des rôles respectifs des sociétés savantes en mathématiques. Comme indiqué dans le document, d'une part, beaucoup d'actions communes sont maintenant mises en place entre la SMF et la SMAI (Société de Mathématiques Appliquées et Industrielles), d'autre part, il y a aussi matière à projets spécifiques pour les deux sociétés, ainsi d'ailleurs que pour la SFdS (Société Française de Statistique). M. Waldschmidt a suggéré qu'on ajoute les sociétés canadiennes dans la liste des sociétés savantes étrangères figurant dans le rapport : Canadian Applied Mathematical Society (CAMS), qui co-existe avec la Canadian Mathematical Society (CMS).

Bien sûr, il a été discuté de la définition des mathématiques appliquées et aussi des mathématiques "appliquées" versus "pures". Le développement consacré à ce sujet dans le rapport [2] a été considéré comme pertinent et bien équilibré dans la mesure où il présente objectivement l'histoire des relations entre les communautés de mathématiciens sans occulter les difficultés passées, tout en faisant état des évolutions très positives observées ces dernières années.

En liaison avec ses propres sujets de réflexion, la SMF a été tout particulièrement intéressée par l'étude complémentaire sur les écoles d'ingénieurs.

Un premier point a attiré son attention : le rapport indique que, dans les écoles d'ingénieurs, les mathématiques sont le plus souvent enseignées par des non mathématiciens. La SMF rappelle que les mathématiciens ont une contribution irremplaçable à apporter à la formation des ingénieurs. Certes, dans le passé, les mathématiciens n'ont pas toujours conçu leurs interventions dans la logique de la vision transversale des enseignements des écoles d'ingénieurs.

---

1 http://www.institut.math.jussieu.fr/miw/undi.html

2 cf. le paragraphe IV du chapitre "L'évaluation : objectifs, champ, réalisation, critères".

Il est clair que cette période est révolue et que de plus en plus de mathématiciens ont maintenant acquis une compréhension fine des besoins en connaissances mathématiques pour les applications et s'investissent avec efficacité dans les enseignements de ce type.

Un autre point qui a attiré l'attention de la SMF dans l'étude sur les écoles d'ingénieurs est le choix qui a été fait des domaines considérés comme relevant des mathématiques appliquées. Il lui a semblé qu'ils relevaient souvent de l'analyse mathématique, alors que d'autres domaines des mathématiques prennent depuis quelque temps de l'importance dans les applications comme, par exemple, les mathématiques discrètes avec leurs applications à la cryptographie. Il a aussi été demandé ce qui était appelé "mathématiques de base" dans l'étude. Guy Cirier a rappelé les choix qui ont été faits pour cette étude de nature strictement statistique. Les "mathématiques de base" correspondent *grosso modo* à la continuation et l'approfondissement des sujets mathématiques étudiés dans les classes préparatoires aux grandes écoles. Dans les rubriques de "mathématiques appliquées" figurent des mathématiques plus nouvelles, plus particulièrement utilisées dans les applications d'aujourd'hui : l'analyse mathématique y a une part importante, mais aussi les probabilités et la statistique. Une rubrique est aussi explicitement consacrée aux mathématiques discrètes qui, effectivement, y ont encore à ce jour une importance numérique moindre.

La SMF a fait part de son étonnement de la faible importance de l'enseignement en informatique dans les écoles d'ingénieurs soulignée dans le rapport et dont la constatation s'impose clairement au vu des chiffres.

Une discussion s'est également engagée sur le champ des enseignements qui relèvent ou non des mathématiciens de métier. Ainsi, un débat existe quant à la place de la théorie du signal : est-elle du ressort des mathématiciens ou non ? Dans un domaine tout à fait différent, mais avec une question du même ordre : quel est le rôle du mathématicien dans une formation en actuariat ? Sans vouloir apporter ici une réponse complète, il ressort clairement de cette discussion que les mathématiciens reconnaissent (et revendiquent ?) une responsabilité de plus en plus grande dans ces domaines d'applications et sont convaincus du rôle que les mathématiques doivent et vont y jouer.

Plusieurs autres aspects du rapport ont été passés en revue dans cette réunion : notons, par exemple, les conclusions plutôt négatives sur le suivi (ou le non-suivi !) des étudiants après leur formation universitaire ; ceci dépasse, bien sûr, le seul domaine des mathématiques appliquées, mais cet aspect prend sans doute encore plus d'importance pour des formations à finalité professionnelle.

En conclusion, les représentants de la SMF rappellent tout l'intérêt qu'ils portent au travail réalisé par le CNE, tant pour l'évaluation des formations universitaires et ses conclusions que pour les études complémentaires. Ils insistent sur la nécessité d'une diffusion très large de ce rapport.

Société de Mathématiques Appliquées et Industrielles

À propos du rapport du CNE sur les Mathématiques appliquées

Gilles Pagès et Michel Théra

Cette contribution commente le rapport du CNE et présente l'avis ainsi que les propositions de la SMAI[1]

Nous tenons tout d'abord à remercier le CNE et ses nombreux collaborateurs pour l'immense travail résultant d'une enquête (printemps 1999) menée d'une part, auprès de différents établissements de formation et d'entreprises disposant de mathématiciens appliqués et, d'autre part, auprès de personnalités scientifiques en charge de responsabilités au ministère et dans les sociétés savantes.

Par la suite, nous utiliserons l'acronyme (MA) pour désigner les « mathématiques appliquées », c'est-à-dire les « mathématiques motivées par, au moins, une application identifiée hors des mathématiques ». Le rapport du CNE utilise la terminologie « mathématiques orientées vers les applications ». Ce choix souligne la difficulté d'acception dans la communauté du terme de « mathématiques appliquées » pour les mathématiques qui regroupent essentiellement l'analyse numérique et le calcul scientifique, les probabilités et les statistiques, l'optimisation et le contrôle ainsi que les mathématiques discrètes.

1. Les évaluations par filière

La filière des Maîtrises de Mathématiques Mention Ingénierie Mathématique (MIM) constituent une bonne préparation à un DESS constate le rapport. Même si dans l'esprit de nombreux universitaires, elles sont dévaluées par rapport aux maîtrises de mathématiques pures - tout particulièrement en vue de la préparation aux métiers de l'enseignement

La filière des Mathématiques Appliquées aux Sciences Sociales (MASS) propose un échantillon varié de spécialisations au sein des sciences sociales et de l'économie. Cette filière débouche également vers des DESS. La part des mathématiques y est souvent plus faible. En effet, on y privilégie la double et parfois la triple compétence

1 Le rapport est une synthèse des contributions présentées par les membres de la Commission Enseignement (CE) de la SMAI, présidée par Gilles Pagès et composée de Jean-Marc Bonnisseau, Frédéric Bonnans, Marc Briane, Brigitte Lucquin, Nessim Fintz et Jean-Baptiste Hiriart-Urruty.

SMAI, Institut Henri Poincaré, 11, rue Pierre et Marie Curie, 75231 Paris Cedex 05 - Tél. : +33 (O)l 44 27 66 62 - Fax : +33 (O)l 44 07 03 64

notamment avec l'informatique. Sans être une règle absolue, Probabilités et Statistiques forment souvent le socle des MA de cette filière. Notons enfin que c'est l'unique filière mathématique à attirer une majorité de filles.

Concernant la filière des IUP, à dominante mathématique, selon le rapport, ces formations ne sont pas réellement professionnalisantes. Tant sur le plan du recrutement (pas ou peu de BTS), que sur celui des débouchés (les étudiants complètent parfois leur formation par un DESS). Une réforme des IUP s'impose pour s'intégrer dans le cadre des 3-5-8.

Le rapport est élogieux sur la qualité de l'enseignement et sur les débouchés de la filière des DESS qui ont un fort taux de réussite. Notamment, elle tire partie et met en valeur l'autonomie acquise par les étudiants à l'université. En revanche, le rapport déplore le manque de suivi des étudiants dû à un manque de soutien administratif et dans une moindre mesure, le trop faible recours à des professionnels ainsi que l'absence de formation continue. Sur ce plan, les DESS souffrent de la comparaison avec les écoles d'ingénieurs. Ils se retrouvent d'ailleurs souvent en compétition sur le marché de l'emploi.

Les DEA sont très disparates. Selon le rapport certains, situés en province, ont du mai à prendre leur élan quand d'autres, aux effectifs pléthoriques, jouent sur tous les tableaux (formation à la recherche, super-DESS...). L'enseignement y est de nature fondamentale, excluant de facto les disciplines non mathématiques, notamment les langues. Les taux de réussite sont hétérogènes, de 25 % à 100 %. Le suivi des étudiants et l'ouverture sur l'extérieur sont insuffisants. Le ton du CNE reste mesuré laissant entrevoir un diagnostic de crise, à mettre peut-être en perspective avec les réformes projetées (master).

Pour conclure sur les évaluations des différentes filières, le CNE souligne le manque de soutien de la tutelle concernant les moyens informatiques (machines, logiciels pour la formation) et le suivi des étudiants en 3e cycle (associations d'anciens, ...). Concernant l'enseignement de l'anglais, le CNE s'inquiète du déficit des stages professionnels en second cycle. Mais il ne mentionne pas les Unités d'Expérience Professionnelle (UEP) créées en 1996. À ce propos, la CE de la SMAI préconise de sortir VUEP de sa relative confidentialité.

Enfin, le CNE s'inquiète de la faiblesse des taux de réussite, particulièrement en Licence (parfois inférieurs à 40 %) et en DEA où ils atteignent des niveaux trop bas, ce qui est inacceptable.

II. Les mathématiques dans les "écoles d'ingénieurs"

En raison de la multiplicité des filières et de la transversalité des mathématiques, la synthèse n'est pas aisée à établir. Néanmoins, il ressort qu'en école d'ingénieurs, l'enseignement des mathématiques, axé sur les mathématiques de base, décroît sensiblement après la le année en même temps qu'il se rapproche des applications. Sans surprise, on relève de fortes disparités selon les filières. Les mathématiques devenant quasiment inexistantes dans les filières chimie ou biologie.

Si le traitement du signal tient une grande place, nous constatons une absence d'ouverture vers les applications notamment la statistique appliquée. À ce sujet, le déficit alarmant et récurrent de la formation reste un problème à examiner. Outre les écoles et instituts déjà citée, on ne compte pas plus d'une demi-douzaine de DESS pour une demande étudiante légèrement supérieure. À court terme, pour des raisons historiques liées au développement de la statistique en France, l'université seule ne semble pas à même de résoudre le problème. Concernant les écoles d'ingénieurs, sans exagération nous pouvons parler d'un véritable problème culturel. En effet, les écoles spécialisées comme l'ENSAE ou PISUP ne sont pas habilitées à délivrer un diplôme d'ingénieur.

L'enseignement des mathématiques, notamment comme discipline de service est, majoritairement, assuré par des spécialistes d'autres disciplines ou par des enseignants du second degré (plus des 3/4). À notre avis, changer cet état de fait passe par un investissement des enseignants dans la modélisation, seul moyen de pérenniser leur intervention dans ce type de cours mais aussi d'attirer leurs étudiants élèves-ingénieurs vers les MA. Ce qui se justifie pour l'enseignement supérieur l'est également pour l'enseignement secondaire car présenter les multiples facettes d'une science, c'est accroître ses attraits.

Le rapport du CNE regrette l'absence dans la plupart des écoles d'ingénieurs de recherche autonome en MA. Une situation, à ce niveau, clairement pénalisante en termes de formation surtout comparée aux autres grands pays européens.

Le rapport du CNE s'achève par une description de plusieurs filières orientées vers les MA dans diverses écoles d'ingénieurs et dans les Ecoles Normales Supérieures. En revanche, il ne mentionne pas les orientations récentes de la Commission des Titres d'Ingénieur concernant le développement de disciplines non scientifiques (langues, culture et communication, management, droit). Aussi sommes-nous en droit de nous demander si les mathématiques sont suffisamment en position de force dans ce rééquilibrage de la formation des ingénieurs s'effectuant au profit de ces disciplines ?

III. Les métiers des mathématiques

Le rapport énumère une liste exhaustive des débouchés professionnels (hors enseignement) proposés aux étudiants de MA. Avec néanmoins, peu de données chiffrées en raison du manque de suivi des étudiants déjà évoqué.

Le CNE analyse le secteur traditionnel de l'ingénierie, c'est-à-dire : automobile, haute technologie, recherche-développement, etc... exigeant des compétences en modélisation, analyse numérique et calcul scientifique. Il aborde aussi les pôles EDP et celui des "probabilités et statistiques" constitué des banques, assurances, télécoms. Le rapport signale également la percée de nouveaux secteurs pluridisciplinaires tels que le biomédical (décodage du génome) et la sécurité de l'information (codage). Des compétences multiples en statistique, informatique (programmation et maîtrise de gros logiciels professionnels) et en mathématiques fondamentales (théorie des nombres, calcul formel) sont requises.

Ceci traduit la tendance lourde des entreprises en quête de profils pluri-culturels dotés d'une connaissance dans le domaine des MA, d'une spécialisation et de compétences informatiques associées.

Dans sa conclusion, le rapport du CNE dresse le portrait-robot du mathématicien appliqué "idéal" : capacités d'abstraction et de rigueur, ouverture aux autres disciplines et aptitude pour le travail en équipe. Insistons avec le rapport sur deux activitésclés du mathématicien appliqué en entreprise : modélisation et simulation. Toute formation en MA se doit donc d'armer ses étudiants dans ces domaines.

Les messages, qui se dégagent du rapport du CNE concernant les métiers des mathématiques, sont multiples. Certains d'entre eux méritent d'être affirmés avec force :

- Contrairement à une idée communément répandue, d'autres débouchés professionnels en dehors de l'enseignement sont envisageables, par exemple en MA. Aujourd'hui, la majorité des métiers des mathématiques ne se situent plus exclusivement dans l'enseignement et la recherche académique mais aussi dans des domaines tels que la statistique appliquée, le calcul scientifique, l'optimisation, la recherche opérationnelle où d'importants besoins se font sentir. Il est étonnant à cet égard que le rapport du CNE ne mentionne pas plus explicitement la recherche opérationnelle, la programmation linéaire et les activités connexes.

- À l'inverse, les formations de MA doivent pouvoir conduire aux métiers de l'enseignement et de la recherche. Aussi un enseignement de MA reste avant tout, en particulier dans les seconds cycles non professionnalisants, un enseignement de mathématiques.

- Tout enseignant de mathématiques, notamment dans le secondaire, devrait pouvoir justifier d'une formation comportant, en proportion certes variable, des mathématiques pures et appliquées. En appréhendant très tôt les mathématiques dans leur diversité, nous pouvons espérer voir une plus grande partie des élèves y trouver les germes d'une vocation. En dépit de tentatives ces dernières années, la question du programme du CAPES de mathématiques reste entière. Il s'agit de moderniser ce concours, un peu à l'image de ce qui a été fait pour la récente réforme de l'Agrégation.

LEXIQUE DE QUELQUES TERMES MATHÉMATIQUES

ACTUARIAT

Activité professionnelle, accomplie par les actuaires, qui utilise les techniques de la statistique, des probabilités et de la théorie du risque pour résoudre des problèmes financiers comportant une part d'incertitude. Les actuaires sont les spécialistes des risques financiers encourus par les banques, les assurances, ou les organismes de sécurité sociale. Ils doivent mener des calculs, par exemple pour fixer les montants des primes d'assurance à des niveaux jugés "optimaux" compte tenu des risques réels ou potentiels. Au-delà des sociétés d'assurances (vie ou IARD) et des banques, les actuaires trouvent à utiliser toutes les techniques de l'actuariat (mathématiques, informatique, économie, droit) comme experts-conseils dans l'immobilier, dans les organismes de gestion des retraites ou dans des bureaux d'études.

ALGORITHMIQUE

L'algorithmique regroupe les techniques de conception, d'évaluation et de mise en œuvre optimisée des algorithmes utilisés en informatique et en mathématiques. Un algorithme est une suite finie d'opérations simples réalisées dans un ordre déterminé et dans un temps que l'on cherche à minimiser. Il existe une immense variété d'algorithmes effectuant, par exemple, des opérations de calcul de constantes, de résolution d'équations, de tri, de parcours de bases de données, de recherche de nombres premiers, etc.

ANALYSE NUMÉRIQUE

L'analyse numérique est une discipline mathématique qui regroupe l'ensemble des méthodes qui permettent de réaliser des calculs au moyen de l'ordinateur dans des domaines aussi variés que la physique, les sciences sociales, les sciences de l'ingénieur ou la biologie. Dans tous ces domaines, il faut pouvoir réaliser des approximations d'une réalité souvent complexe, continue, (décrites au moyen d'un système d'équations à dérivées partielles, par exemple) par des calculs qui utilisent des nombres à précision limitée. Le recours à l'informatique et à l'algorithmique est constant et donne des solutions approximatives. On évalue les méthodes de l'analyse numérique suivant des critères de précision, de stabilité et de performance en termes de convergence vers la vraie solution.

CRYPTOGRAPHIE

On pourrait dire schématiquement que c'est la science des codes secrets. Protéger des regards indiscrets la transmission d'informations sensibles a toujours historiquement été nécessaire. Pour protéger l'information, on la transforme (on dit "chiffrer") grâce à une clé secrète puis, après réception, le message est déchiffré par la même clé. On parle alors de cryptage symétrique. Cette méthode a le désavantage de reposer sur cette clé secrète, qu'il ne faut en aucun cas diffuser.

L'utilisation intensive des techniques informatiques a considérablement fait avancer les techniques de la cryptographie. Il est devenu vital de protéger la transmission et le stockage d'informations aussi variées que les messages électroniques, les numéros de carte bancaire ou les données d'entreprise. On a vu apparaître et s'imposer des méthodes de cryptographie à deux clés (on parle de cryptage asymétrique) : une clé publique qui peut être diffusée et une clé privée que seul le vrai destinataire pourra utiliser.

La sécurité des transmissions s'impose avec l'utilisation des applications des réseaux informatique et de l'Internet : commerce électronique, mouvements financiers, courrier électronique, données personnelles et professionnelles, signature électronique, etc.

DATA MINING

Ensemble de méthodes et d'outils utilisés pour analyser de grandes bases de données et rechercher des relations inattendues entre les données. Le *data mining* utilise des techniques logicielles pour "fouiller" de gigantesques bases de données et y faire apparaître des associations, des similarités ou des corrélations entre les informations. On utilise le *data mining* aussi bien pour repérer des typologies de comportements d'achat que des modifications de satisfaction des clients de la téléphonie mobile, etc. Le *data mining* fait appel à la fois aux techniques statistiques de classification, aux méthodes de représentation efficace des données, aux méthodes de discrimination et aux algorithmes rapides.

ÉQUATION AUX DÉRIVÉES PARTIELLES

Dans de nombreux problèmes, et notamment en physique, on utilise des équations dont la solution recherchée dépend de plusieurs variables et des variations (dites dérivées partielles) de cette solution vis à vis de petites évolutions de ces variables. Les problèmes représentés par une ou des équations aux dérivées partielles sont très complexes et il existe très peu de cas possèdant une solution analytique. Les résolutions analytiques s'appliquent à des équations simples. Le recours aux méthodes numériques (empruntées à l'analyse numérique) est la seule voie pour fournir une solution approchée au système complexe qui a été construit. Les champs les plus classiques d'utilisation des équations aux dérivées partielles sont ceux de la physique, la thermodynamique ou de la mécanique.

MÉTHODE DES ÉLÉMENTS FINIS

C'est une méthode de l'analyse numérique pour la résolution d'équations complexes. Elle consiste à remplacer des valeurs continues par des valeurs discrètes, régulièrement espacées. On emploie la méthode des éléments finis (MEF) pour s'attaquer à des problèmes particulièrement ardus et dont la géométrie est complexe. Dans ces problèmes, il n'existe pas de méthodes analytiques pour trouver la solution. Le point de départ de la méthode est la subdivision d'un domaine de la structure étudiée en plus petits domaines, nommés éléments de dimension finie. Bien que les éléments ne soient pas toujours des triangles, on dit que ces subdivisions forment une triangulation. Les sommets de ces éléments forment des nœuds. L'ensemble éléments et nœuds forment le maillage de la méthode. L'approximation est calculée sur chaque nœud, ce qui permet de représenter l'ensemble par un système d'équations.

Avec la diffusion des logiciels de CAO (conception assistée par ordinateurs), la méthode des éléments finis a été utilisée dans une grande variété d'applications en mécanique des solides ou des fluides, en thermodynamique, en électromagnétisme, etc. Exemple en mécanique des solides : calculs d'efforts sur des ouvrages d'art.

ONDELETTES

L'analyse par ondelettes consiste à décomposer un signal (ou une image) en un ensemble hiérarchisé d'approximations et de détails. Les ondelettes sont une extension de l'analyse de Fourier, cette dernière consistant à décomposer une fonction mathématique arbitraire en une somme de sinusoïdes de différentes fréquences. Cependant, l'inconvénient de l'analyse de Fourier est qu'elle gomme l'aspect "local" (spatial ou temporel) des événements étudiés.

Malgré une origine aux nombreuses racines, on attribue le point de départ de l'utilisation des ondelettes au géophysicien Jean Morlet, qui envisageait de les utiliser pour l'analyse de sismogrammes utilisés dans la recherche de pétrole sous terre. Dans la transformation par ondelettes, comme d'ailleurs dans l'analyse de Fourier, on cherche à transformer un signal quelconque en une série de nombres que l'on pourra ensuite utiliser pour reconstruire au mieux le signal d'origine. Cependant dans la transformation par ondelettes, on utilise plusieurs niveaux de résolution pour examiner le signal et en faire ressortir les différentes variations. On a ainsi parlé à propos de cette technique de "microscope mathématique". Les ondelettes ont des applications pratiques nombreuses et variées : détection de vibrations dans les systèmes mécaniques, amélioration d'images aux contours flous, compression de signal et de l'information, écoulements turbulents en aérodynamique.

LISTE DES SIGLES

Les diplômes

DEA	Diplôme d'études approfondies
DESS	Diplôme d'études supérieures spécialisées
DEUG	Diplôme d'études universitaires générales
DEUG MASS	DEUG Mathématiques appliquées et sciences sociales
DEUG MIAS	DEUG Mathématiques, informatique et applications aux sciences
DEUG SM	DEUG Sciences de la matière
DEUG STPI	DEUG Sciences et technologies pour l'ingénieur
DEUG SV	DEUG Sciences de la vie
IUP	Institut universitaire professionnalisé
Magistère	MIM + DESS
MIM	Maîtrise mention ingénierie mathématique
MSG	Maîtrise de sciences de gestion
MST	Maîtrise de sciences et techniques

Les disciplines

MA	Mathématiques appliquées
MASS	Mathématiques appliquées aux sciences sociales
TER	Travaux d'étude et de recherche

Les structures et organisations

CNRS	Centre national de la recherche scientifique
CNU	Conseil national des universités
SFdS	Société française de statistique
SMAI	Société de mathématiques appliquées et industrielles
SMF	Société mathématique de France
UFR	Unité de formation et de recherche

Les personnels

ATER	Attaché temporaire d'enseignement et de recherche
IATOS	(Personnels) ingénieur, administratif, technique, ouvrier et de service
MC	Maître de conférences
PAST	Professeur associé à temps partiel
PR	Professeur des universités
PRAG	Professeur agrégé
PRCE	Professeur certifié

Les équipes de recherche

EA	Équipe d'accueil
ER	Équipe en ré-affectation
ERS	Équipe en restructuration
FRE	Formation de recherche en évolution
UMR	Unité mixte de recherche
UPRESA	Unité propre de l'enseignement supérieur associée au CNRS
URA	Unité de recherche associée

CNE

LES FORMATIONS SUPÉRIEURES EN MATHÉMATIQUES ORIENTÉES VERS LES APPLICATIONS

PUBLICATIONS DU COMITÉ NATIONAL D'ÉVALUATION

ÉVALUATIONS INSTITUTIONNELLES

Les universités

L'université Louis Pasteur - Strasbourg I, 1986
L'université de Pau et des pays de l'Adour, 1986

L'université de Limoges, 1987
L'université d'Angers, 1987
L'université de Rennes II- Haute Bretagne, 1987

L'université Paris VII, avril 1988
L'université P. Valéry - Montpellier III, 1988
L'université de Savoie, 1988
L'université Claude Bernard - Lyon I, 1988
L'université Paris VIII - Vincennes à Saint-Denis, 1988
L'université de Provence - Aix-Marseille I, 1988

L'université de Technologie de Compiègne, 1989
L'université Paris Sud - Paris XI, 1989
L'université de La Réunion, 1989
L'université Lumière Lyon II, 1989
L'université Jean Monnet - Saint-Etienne, 1989
L'université Rennes I, 1989
L'université du Maine, Le Mans, 1989

L'université Ch. de Gaulle - Lille III, 1990
L'université Paris XII - Val de Marne, 1990

L'université J. Fourier - Grenoble I, 1991
L'université Strasbourg II, 1991
L'université de Nantes, 1991
L'université de Reims, avril 1991
L'université des Antilles et de la Guyane, 1991
L'université d'Avignon et des Pays de Vaucluse, 1991
L'université de Bretagne occidentale - Brest, 1991
L'université de Caen - Basse Normandie, 1991
L'université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis, 1991
L'université de Rouen, 1991
L'université de la Sorbonne nouvelle - Paris III, 1991
L'université Paris X, 1991

L'université de Toulon et du Var, 1992
L'université Montpellier I, 1992
L'université des sciences et technologies de Lille I, 1992
L'université de Nice, 1992
L'université du Havre, mai 1992
L'université Michel de Montaigne - Bordeaux III, 1992
L'université Jean Moulin - Lyon III, 1992
L'université de Picardie-Jules Verne - Amiens, 1992
L'université Toulouse - Le Mirail, 1992
L'université Nancy I, 1992

L'université Bordeaux I, 1993
L'université René Descartes - Paris V, 1993
L'université de Haute Alsace et l'ENS de Chimie de Mulhouse, 1993
L'université Pierre Mendès France - Grenoble II, 1993
L'université Paris IX - Dauphine, juin 1993
L'université de Metz, 1993
L'université d'Orléans, 1993
L'université de Franche-Comté, 1993
L'université Robert Schuman - Strasbourg III, 1993
L'université des Sciences et Techniques du Languedoc - Montpellier II, 1993
L'université de Perpignan, 1993

L'université de Poitiers et l'ENSMA, 1994
L'université François Rabelais - Tours, 1994
L'université d'Aix-Marseille II, 1994
L'université Paris XIII - Paris Nord, 1994
L'université Stendhal - Grenoble III, 1994
L'université Bordeaux II, 1994
L'université des sciences sociales - Toulouse I, 1994
L'université d'Auvergne - Clermont-Ferrand I, 1994
L'université Blaise Pascal - Clermont-Ferrand II, 1994
L'université Nancy II, 1994
L'université Paul Sabatier - Toulouse III, 1994
L'université Aix-Marseille III, 1994

L'université de Corse Pascal Paoli, 1995
L'université Pierre et Marie Curie - Paris VI, 1995
L'université Paris I - Panthéon Sorbonne, 1995
L'université Paris-Sorbonne - Paris IV, 1995
L'université de Bourgogne, 1995
L'université du droit et de la santé - Lille II, 1995

L'université d'Artois,1996
L'université de Cergy-Pontoise, 1996
L'université d'Evry - Val d'Essonne, 1996
L'université du Littoral, 1996
L'université de Marne-la-Vallée, 1996
L'université de Versailles - St-Quentin-en-Yvelines,1996
L'université Panthéon-Assas - Paris II, 1996

L'université de La Rochelle*, 1997

L'université de technologie de Troyes*, 1998

L'université de Bretagne-sud*, 1999
L'université française du Pacifique*, 1999

** Rapport ayant donné lieu à un Profil*

Les écoles et autres établissements

L'École française de Rome, 1986

L'École nationale des Ponts et chaussées, 1988

L'École normale supérieure, 1990

L'École supérieure de commerce de Dijon, 1991
L'École nationale supérieure de mécanique de Nantes, 1991
L'Institut national polytechnique de Grenoble, 1991
L'École française d'Athènes, 1991
L'Institut des sciences de la matière et du rayonnement - Caen, 1991
L'Institut national des langues et civilisations orientales, 1991
L'Institut national des sciences appliquées de Rouen, 1991

L'École des Chartes, 1992
L'Observatoire de la Côte d'Azur, 1992
L'Institut national polytechnique de Lorraine, 1992
L'École nationale vétérinaire d'Alfort, 1992
Les Écoles d'architecture de Paris-Belleville et de Grenoble, 1992
Le Groupe ESC Nantes-Atlantique, 1992

Le Conservatoire national des Arts et métiers, 1993
L'École nationale supérieure de chimie de Montpellier, 1993

L'Institut national des sciences appliquées de Toulouse, 1994
L'Institut national polytechnique de Toulouse, 1994

L'École nationale supérieure de mécanique et des micro-techniques de Besançon, 1995
L'École nationale supérieure de chimie de Paris, 1995
L'École nationale supérieure d'Arts et métiers, 1995

Le Muséum national d'histoire naturelle, 1996
L'École nationale supérieure des sciences de l'information et des bibliothèques*, 1996
L'IUFM de l'académie de Caen*, 1996
L'IUFM de l'académie de Grenoble*, 1996
L'IUFM de l'académie de Lyon*, 1996
L'Institut national des sciences appliquées de Lyon*, 1996
L'École centrale de Lyon*, 1996

L'École normale supérieure de Lyon*, 1997
Le Palais de la découverte*, 1997
La Casa de Velázquez*, 1997
L'École française d'Athènes*, 1997
L'École française de Rome*, 1997

L'IUFM de l'académie d'Amiens*, 1998
L'IUFM de l'académie de Reims*, 1998
L'IUFM de l'académie du Nord - Pas-de-Calais*, 1998
L'IUFM de l'académie de Rouen*, 1998
L'IUFM de l'académie de Bourgogne*, 1998

L'IUFM de l'académie d'Orléans-Tours*, 1999
L'École nationale de formation agronomique*, 1999
L'Institut français d'archéologie orientale*, 1999
L'IUFM de l'académie de Paris*, 1999
L'IUFM de l'académie de Créteil*, 1999
L'IUFM de l'académie de Versailles*, 1999
L'IUFM de l'académie de Besançon*, 1999

L'École supérieure d'agriculture d'Angers, 2000
L'École supérieure d'agriculture de Purpan, 2000
L'École supérieure d'ingénieurs et de techniciens pour l'agriculture, 2000
L'École supérieure du bois, 2000
L'Institut supérieur agricole de Beauvais, 2000
L'Institut supérieur d'agriculture de Lille, 2000
L'Institut supérieur d'agriculture Rhône-Alpes, 2000
L'IUFM du Pacifique*, 2000
L'IUFM d'Aquitaine*, 2000
L'IUFM de l'académie de Toulouse*, 2000
L'IUFM d'Auvergne, 2000
L'IUFM d'Aix-Marseille*, 2000

L'IUFM de Poitou-Charentes*, 2001
L'École nationale supérieure de céramique industrielle de Limoges, 2001
L'IUFM des Pays de la Loire*, 2001
L'IUFM de Bretagne*, 2001
L'IUFM du Limousin*, 2001

L'IUFM de La Réunion*, 2002
L'IUFM des Antilles et de la Guyane avant sa partition, 2002

Les évaluations de retour

L'université Louis Pasteur - Strasbourg I, 1994

L'université de Nantes, 1995
L'École centrale de Nantes, 1995
L'université Rennes I, 1995

L'université de Provence - Aix-Marseille I, 1996
L'université Claude Bernard-Lyon I*, 1996
L'université Jean Moulin-Lyon III*, 1996

L'université Lumière-Lyon II*, 1997

L'université de technologie de Compiègne*, 1998
L'Institut national des sciences appliquées de Rouen*, 1998
L'université de Rouen*, 1998
L'université du Havre*, 1998
L'Institut des sciences de la matière et du rayonnement*, 1998

** Rapport ayant donné lieu à un Profil*

L'université de Caen*, 1998
L'Institut polytechnique de Sévenans*, 1998
L'université de Reims - Champagne-Ardenne*, 1999
L'université de Picardie - Jules Verne*, 2000
L'Institut national des sciences appliquées de Toulouse*, 2001
L'université de Limoges*, 2001
L'université de Savoie*, 2002
L'université des Antilles et de la Guyane, 2002

ÉVALUATIONS DISCIPLINAIRES

La Géographie dans les universités françaises : une évaluation thématique, 1989
Les Sciences de l'information et de la communication, 1993
L'Odontologie dans les universités françaises, 1994
La formation des cadres de la Chimie en France, 1996
Le 3ème cycle de médecine générale dans les universités françaises, 1998
La formation des pharmaciens en France (vol. 1), 1998
La formation des pharmaciens en France (vol. 2 : les 24 UFR de pharmacie), 1998

RAPPORTS SUR LES PROBLÈMES GÉNÉRAUX ET LA POLITIQUE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR

Rapports au Président de la République

Où va l'Université ?, (rapport annuel) Gallimard, 1987
Rapport au Président de la République, 1988
Priorités pour l'Université, (rapport 1985-1989), La Documentation Française, 1989
Rapport au Président de la République, 1990
Universités : les chances de l'ouverture, (rapport annuel), La Documentation Française, 1991
Rapport au Président de la République, 1992
Universités : la recherche des équilibres, (rapport 1989-1993), La Documentation Française, 1993
Rapport au Président de la République, 1994
Évolution des universités, dynamique de l'évaluation (rapport 1985-1995), La Documentation Française, 1995
Rapport au Président de la République, 1996
Les missions de l'enseignement supérieur : principes et réalités, La Documentation Française, 1997
Rapport au Président de la République, 1998
Enseignement supérieur : autonomie, comparaison, harmonisation (rapport 1995-1999), La Documentation Française, 1999

** Rapport ayant donné lieu à un Profil*

Rapports thématiques

Recherche et Universités, Le Débat, n° 43, janvier-mars 1987, Gallimard
L'enseignement supérieur de masse, 1990
Les enseignants du supérieur, 1993
Le devenir des diplômés des universités, 1995
Les personnels ingénieurs, administratifs, techniciens, ouvriers et de service dans les établissements d'enseignement supérieur, 1995
Les magistères, 1995
Les universités nouvelles, 1996
Réflexions à propos du site universitaire de Lyon, 1997
Les universités de Normandie, 1999
La valorisation de la recherche : observations sur le cadre, les structures et les pratiques dans les EPCSCP, 1999
Les formations supérieures soutenues par la Fondation France-Pologne, 1999
Le sport à l'université : la pratique du sport par les étudiants*, 1999
Les écoles et instituts français en Méditerranée, 2000
Les IUFM au tournant de leur première décennie : panorama et perspectives, 2001
Le site universitaire d'Aix-Marseille*, 2001

BULLETINS n° 1 à 33

PROFILS n° 1 à 52

COMPOSITION DU COMITÉ

Monsieur Gilles BERTRAND, *président*

Monsieur Michel DELEAU, *vice-président*

Madame Claire BAZY-MALAURIE

Monsieur Michel BORNANCIN

Monsieur Jean-Claude BOUVIER

Monsieur Charles DEMONS

Madame Claude GAUVARD

Monsieur Pierre GILSON

Madame Rose KATZ

Monsieur Claude LAUGENIE

Monsieur Michel LEVASSEUR

Monsieur Jean-Pierre NOUGIER

Monsieur Michel PINAUD

Monsieur Marcel PINET

Madame Hélène RUIZ-FABRI

Monsieur Jean-Louis WALTER

Monsieur Jean-Loup JOLIVET, *délégué général*

43, rue de la Procession 75015 PARIS Tel. : 01 55 55 60 97 - Télécopie : 01 55 55 63 94
Internet : http://www.cne-evaluation.fr

Autorité administrative indépendante

Directeur de la publication : Gilles Bertrand